

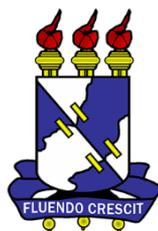
**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E  
TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

**PAULA FERREIRA BARBOSA**

**EXTRAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS E ANÁLISE DE  
POTENCIAL DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE  
SERIGUELA (*SPONDIAS PURPUREA* L.) EM DIFERENTES  
ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO**

**SÃO CRISTOVÃO/SE**

**2020**



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E  
TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

**PAULA FERREIRA BARBOSA**

**EXTRAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS E ANÁLISE DE  
POTENCIAL DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE  
SERIGUELA (*SPONDIAS PURPUREA* L.) EM DIFERENTES  
ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO**

Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos como requisito à obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Narendra Narain

SÃO CRISTOVÃO/SE

2020

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE

B238e Barbosa, Paula Ferreira  
Extração de compostos bioativos e análise de potencial da atividade antioxidante de seriguela (*Spondias Purpurea L*) / Paula Ferreira Barbosa ; orientador Narendra Narain. – São Cristóvão, 2020.  
109 f.

Dissertação (mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos)  
– Universidade Federal de Sergipe, 2020.

1. Tecnologia de alimentos. 2. Spondias 3. Frutas – Desenvolvimento. 4. Compostos bioativos. I. Narain, Narendra, orient. II. Título.

CDU 664:634.442

**PAULA FERREIRA BARBOSA**

**EXTRAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS E ANÁLISE DE  
POTENCIAL DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE SERIGUELA  
(*SPONDIAS PURPUREA* L) EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE  
MATURAÇÃO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao  
Programa de Pós-graduação em Ciência  
e Tecnologia de Alimentos realizada em  
28 de fevereiro de 2020.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Narendra Narain  
Orientador / PROCTA - UFS



Prof. Dr. Alessandra Almeida Castro Pagani  
1º Examinador / PROCTA - UFS



Prof. Dr. João Antônio Belmino dos Santos  
2º. Examinador / DTA - UFS

SÃO CRISTOVÃO/SE

2020

“Dedico esta pesquisa a Ele, que é Mestre dos mestres

Rei da glória, Autor da minha história”

## AGRADECIMENTOS

Que darei eu ao Senhor, por todos os benefícios que me tem feito? Obrigada, meu Deus, pelo teu grande amor, por fazer muito mais além do que eu pedir ou imaginei. Para chegar até aqui, muitas lágrimas chorei, quantas noites acordadas, foram lutas e vitórias, sofrimentos e alegrias e novas experiências conquistadas a cada dia, tive muitas aflições, mas venci nas orações....Quem conhece minha história sabe tudo sobre mim, cada erro cada acerto, para chegar até aqui... meu “paizão”, te amo Jesus!

A minha família, meu maior patrimônio, obrigada a todos que torceram e oraram por mim.

A minha mãe, Francina, que em todo tempo, esteve torcendo, chorando e orando em meu favor, nas horas difíceis, do desânimo, sempre trazia palavras de bênção e de ânimo sobre minha vida, sou fruto das suas orações, te amo muito.

Ao meu esposo, Flávio obrigada pelo seu amor, compreensão e companheirismo, sempre incentivando e torcendo pelo meu sucesso, sou grata a Deus pela sua vida. Te amo!

A minha filha, Eloany, obrigada por você fazer parte da minha história, você é um presente de Deus. Te amo!

Ao meu orientador, Prof. Drº. Narendra Narain, pelo apoio, paciência, profissionalismo e confiança ao longo desta caminhada. Muito obrigada!

Aos amigos, Murugan Rajan, Elizabete, Iara, Taís, Romy, Juliana, Chisten, obrigada por toda ajuda durante as análises, que Deus abençoe vocês.

A minha amiga Tamna, que foi como uma coorientadora esteve comigo em todos os momentos, principalmente na etapa final, só Deus para te recompensar em tudo que fez por mim, sou eternamente grata.

A minha companheira de trabalho, Juliete (técnica do laboratório), que sempre esteve disposta a mim ajudar. Obrigada pela sua amizade e companheirismo.

Ao secretário Júnior, sempre disponível na resolução de problemas.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001

BARBOSA, P. F. Extração de compostos bioativos e análise de potencial da atividade antioxidante de seriguela (*Spondias purpurea* L.) em diferentes estádios de maturação. [Projeto]. São Cristóvão: Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Sergipe, 2020.

## RESUMO

A planta de seriguela (*Spondias purpurea* L.) é encontrada em várias regiões do mundo, inclusive no nordeste do Brasil. O aroma agradável e o sabor agridoce dos frutos são ricos em fitoconstituintes; como pigmentos e compostos fenólicos. O teor desses compostos em frutas pode aumentar, diminuir ou não mudar significativamente durante o amadurecimento, e a determinação do tipo de solvente na extração é necessária para uma eficiente extração de fitoquímicos. Assim, o presente trabalho avaliou a composição físico-química, fitoquímica e a atividade antioxidante nas partes individuais da seriguela em diferentes estádios de maturação. Os frutos foram selecionados de acordo com o grau de maturação (verde, de “vez” e maduro) e separados em semente, casca e polpa. De acordo com as análises realizadas os resultados foram satisfatórios para a caracterização física e físico-química, sendo observado que a maior parte dos constituintes aumentou no decorrer da maturação. Quanto aos taninos totais estão presentes em maior concentração na casca e semente nos estágios verde e de “vez”. Analisando a eficiência de extração dos solventes utilizados, percebe-se que a solução contendo quase 50% de etanol em meio acidificado apresentou melhor poder extrator de compostos fenólicos e flavonóides variando entre 494,45 a 9760,94 mg EAG/100 g e os flavonoides totais de 81,85 a 1760,22 mg EAG/100 g, em ambas análises a maior concentração está na casca e semente nos estágios verde e de “vez”, além de apresentar excelente atividade antioxidante nos ensaios ABTS<sup>•+</sup>, DPPH<sup>•</sup>, FRAP e ORAC. Quanto à concentração do ácido ascórbico o maior teor está presente nas polpas e cascas de seriguela. Os perfis dos ácidos orgânicos apresentaram variações durante a maturação, sendo identificados os ácidos cítricos, fumárico, e succínico. Quanto ao perfil de açúcares identificado, a frutose foi o açúcar majoritário em todas as partes do fruto, já glicose apresentou maior concentração na semente, enquanto a sacarose está presente em maior quantidade na polpa, dentre todos os açúcares analisados as concentrações aumentaram no decorrer da maturação dos frutos. O carotenoide  $\beta$ -caroteno identificado no HPLC variou de 42,73 a 477,03  $\mu\text{g}$   $\beta$ -carotene/ g, com maior concentração na casca verde. Os compostos fenólicos foram identificados e quantificados por UFLC-DAD totalizando 13 compostos, sendo sete ácidos fenólicos, três flavanóis e quatro flavonóis. Os resultados mostraram que as maiores concentrações dos compostos foram observadas na casca e semente, sendo a maioria nos estágios de maturação verde e de “vez”. Diante do exposto, esse estudo fornecer informações a respeito da seriguela, quanto a composição dos fitoquímicos, além dos compostos fenólicos individuais presentes nas frações dos frutos, o que auxiliará na escolha do estágio de maturação de acordo com o interesse da indústria de alimentos e/ou de fármacos.

Palavras-chave: Compostos bioativos, Estádios de Maturação, *Spondias purpúrea* L.

BARBOSA, P. F. Extraction of bioactive compounds and analysis of the potential antioxidant activity of seriguela (*Spondias purpurea* L.) in different stages of maturation. [Project]. Program of Postgraduate Food Science and Technology, Federal University of; 2020.

### ABSTRACT

The seriguela plant (*Spondias purpurea* L.) is found in several regions of the world, including in the northeast of Brazil. The pleasant aroma and bittersweet flavor of the fruits are rich in phytochemicals, such as pigments and phenolic compounds. The content of these compounds in fruits can increase, decrease or do not change significantly during ripening, and the determination of the type of solvent in the extraction is necessary for an efficient extraction of phytochemicals. Thus, the present work evaluated the physico-chemical, phytochemical composition and antioxidant activity in the individual parts of the fruit at different stages of maturation. The fruits were selected according to the degree of ripeness (unripe, half-ripe and ripe) and separated into seed, peel and pulp. According to the analyses performed, the results were satisfactory for the physico-chemical characterization, and it was observed that most of the constituents increased during the maturation. As for the total tannins, they are present in greater concentration in the peel and seed in the unripe and half-ripe stages. Analyzing the extraction efficiency of the solvents used, it was clear that the solution containing almost 50% ethanol in an acidified medium showed better extraction power for phenolic compounds and flavonoids ranging from 494.45 to 9760.94 mg EAG / 100 g and total flavonoids from 81.85 to 1760.22 mg EAG / 100 g, in both analyses the highest concentration was in the peel and seed in the green and half-ripe stages, in addition to having excellent antioxidant activity in the ABTS<sup>+</sup>, DPPH, FRAP assays and ORAC. As for the concentration of ascorbic acid, the highest content was present in the pulps and peel of seriguela. The organic acid profiles showed variations during maturation, with citric, fumaric and succinic acids being identified. As for the profile of sugars identified, fructose was the major sugar in all parts of the fruit, glucose already had a higher concentration was in the seed, while sucrose is present in greater quantity in the pulp, among all the analyzed sugars the concentrations increased during the fruit ripening. The  $\beta$ -carotene carotenoid identified in the HPLC varied from 42.73 to 477.03  $\mu\text{g}$   $\beta$ -carotene / g, with a higher concentration was in the unripe peel. The phenolic compounds were identified and quantified by UFLC-DAD, totaling 13 compounds, seven phenolic acids, three flavanols and four flavonols. The results showed that the highest concentrations of the compounds were observed in the peel and seed, with the majority being in the green and half-ripe maturation stages. In view of the above, this study can provide information about the seriguela, regarding

the composition of phytochemicals, in addition to the individual phenolic compounds present in the fractions of the fruits, which will help in choosing the maturation stage according to the interest of the food and / or pharmaceutical industry.

**Keywords:** Bioactive compounds, Maturation stages, *Spondias purpurea* L.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Imagem de fruto de Seriguela ( <i>Spondias purpúrea</i> L.).....	14
Figura 2- Principais produtores de seriguela no nordeste brasileiro .....	15
Figura 3 - Representação das principais classes de compostos fenólicos. ....	19
Figura 4 - Imagens de frutos de seriguela em diferentes estágios de maturação.....	25
Figura 5 - Fluxograma das análises que foram realizadas durante a execução dos experimentos.....	26
Figura 6 - Frutos de seriguelas nos três estágios de maturação para avaliação da caracterização física. .....	39
Figura 7- Proporções das frações da casca, polpa e semente nos diferentes estágios de maturação.....	42
Figura 8 - Gráfico de interação dos solventes etanol e água na extração de fenólicos totais. ....	57
Figura 9 - Gráfico de interação dos solventes etanol e água na extração de flavonóides totais. ....	58
Figura 10 - Gráficos de interação dos solventes etanol e água na atividade antioxidante .....	59
Figura 11 - Escores da polpa, casca e semente nos três estágios de maturação nas duas primeiras componentes principais para os dados das análises de compostos fenólicos totais, flavonóides e atividade antioxidante. ....	72
Figura 12 - Pesos da polpa, casca e semente nos três estágios de maturação nas duas primeiras componentes principais para os dados das análises de compostos fenólicos totais, flavonóides e atividade antioxidante. ....	73
Figura 13 - Escores da polpa, casca e semente nos três estágios de maturação nas duas primeiras componentes principais para os dados das análises dos diferentes compostos identificados por cromatografia líquida. ....	74
Figura 14- Pesos da polpa, casca e semente nos três estágios de maturação nas duas primeiras componentes principais para os dados das análises dos diferentes compostos identificados por cromatografia líquida. ....	75

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Relação dos diferentes nomes populares encontrado para os frutos da espécie <i>Spondias purpurea</i> L. ....	14
Tabela 2 - Principais compostos fenólicos presentes em frutos de seriguela. ....	19
Tabela 3 - Estágios de maturação definidos pela avaliação visual das características físicas observadas. ....	25
Tabela 4 - Condições cromatográficas para separação e identificação do ácido ascórbico. ....	35
Tabela 5 - Condições cromatográfica para separação e identificação dos ácidos orgânicos. ....	35
Tabela 6 - Condições cromatográficas para separação e identificação dos açúcares. ....	36
Tabela 7 - Condições cromatográficas para separação e identificação de carotenóides. ....	36
Tabela 8 - Condições cromatográficas para separação e identificação dos compostos fenólicos. ....	37
Tabela 9 - Gradiente de injeção da fase móvel na separação de compostos fenólicos. ....	37
Tabela 10 - Características físicas dos frutos de Seriguela em diferentes estágios de maturação. ....	39
Tabela 11 - Resultados dos parâmetros colorimétricos de seriguela nos estágios de maturação verde, de “vez” e madura. ....	41
Tabela 12 - Caracterização físico-química da polpa, casca e semente da seriguela nos estágios de maturação verde, de “vez” e maduro. ....	45
Tabela 13- Teor de carotenoides e clorofila totais de polpa, casca e semente, de diferentes estágios de maturação de seriguela. ....	48
Tabela 14 - Teor de taninos condensados e hidrolisáveis na polpa, casca e semente nos diferentes estágios de maturação de seriguela. ....	50
Tabela 15 - Efeito dos solventes no conteúdo de compostos fenólicos, flavonóides totais e atividade antioxidante em extratos de seriguela. ....	52
Tabela 16 - Efeito dos estágios de maturação no conteúdo de compostos fenólicos, flavonóides totais e atividade antioxidante em extratos de seriguela. ....	54
Tabela 17 - Teor de ácido ascórbico de polpa, casca e semente, de diferentes estágios de maturação de seriguela. ....	61
Tabela 18 - Teor de ácidos orgânicos na polpa, casca e semente, de diferentes estágios de maturação de seriguela. ....	63
Tabela 19 - Teor de açúcares nos frutos de seriguela na polpa, casca e semente, de diferentes estágios de maturação de seriguela. ....	64
Tabela 20 - Teor de ácidos carotenoides nos frutos de seriguela na polpa, casca e semente, de diferentes estágios de maturação de seriguela. ....	66
Tabela 21 - Parâmetros analíticos, curvas de calibração e coeficientes de correlação dos padrões utilizados para identificação e quantificação dos compostos fenólicos. ....	67
Tabela 22 - Quantificação de compostos fenólicos presente na polpa, casca e semente de seriguela em diferentes estágios de maturação por UFLC-DAD. ....	70
Tabela 23 - Coeficientes de correlação de Pearson entre os compostos fenólicos totais, flavonóides totais e a atividade antioxidante (DPPH, ABTS <sup>+</sup> , FRAP e ORAC). ....	71

## ABREVIATURAS E SIGLAS

AAPH - dicloreto de 2,2 –Azobis (2-amidinopropano

ABTS<sup>+</sup> - 2,2-azino-bis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico)

ALCL<sub>3</sub> - Cloreto de Alumínio

ANOVA – Análise de Variância

DPPH<sup>·</sup> - 1,1-difenil-2-picrilidrazil

EAG - Equivalente de ácido gálico (do inglês, *gallic acid equivalente*)

FRAP - Capacidade de redução do íon férrico (do inglês, *Ferric Reducing Antioxidant power*)

HPLC – Cromatografia líquida de alto desempenho (do inglês, *High Performance Liquid Chromatography*)

IAL – Instituto Adolf Lutz

min- minutos

nm - nanômetros

ORAC - Capacidade de absorção do radical oxigênio (do inglês, *Oxygenen Radical Absorbance Capacity*)

pH - Potencial Hidrogeniônico

TEAC - Capacidade Antioxidante Equivalente ao Trolox (do inglês, *Trolox Equivalent Antioxidant Capacity*)

TROLOX - Ácido 6-hidroxi-2,5,7,8-tetra-metilcromo-2-carboxílico

UFLC - Cromatografia líquida ultra-rápida (do inglês, *Ultra Fast Liquid Chromatography*)

## Sumário

1 INTRODUÇÃO .....	10
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	12
2.1 Aspectos gerais sobre consumo de frutas tropicais .....	12
2.2 <i>Spondias purpurea</i> L. – Seriguela .....	13
2.3 Maturação fisiológica .....	16
2.4 Compostos Fenólicos .....	17
2.5 Processo de extração .....	20
2.6 Identificação e quantificação de compostos bioativos .....	22
3 OBJETIVOS .....	23
3.1 Objetivo Geral .....	23
3.2 Objetivos Específicos .....	23
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	24
4.1 Padrões analíticos e reagentes .....	24
4.2 Matéria-prima.....	24
4.3 Procedimento experimental .....	27
4.3.1 <i>Característica física</i> .....	27
4.3.2 <i>Análises físico-químicas</i> .....	28
4.4 Procedimento de extração.....	30
4.5 Análises espectrofotométricas .....	31
4.5.1 <i>Determinação de fenólicos totais</i> .....	31
4.5.2 <i>Determinação de flavonóides totais</i> .....	31
4.5.3 <i>Determinação de carotenoides e clorofila</i> .....	31
4.5.4 <i>Determinação do teor de taninos condensados (TC) e hidrolisáveis (TH)</i> .....	32
4.6 Determinação de atividade antioxidante.....	33
4.6.1 <i>Atividade de sequestro do radical DPPH·</i> .....	33
4.6.2 <i>Atividade de captura do radical livre ABTS<sup>•+</sup></i> .....	33
4.6.3 <i>Atividade antioxidante pelo método de redução do ferro – FRAP</i> .....	33
4.6.4 <i>Capacidade de absorção do radical oxigênio (ORAC)</i> .....	34
4.7 Análises de cromatografia líquida .....	34
4.7.1 <i>Ascórbico por HPLC</i> .....	34
4.7.2 <i>Determinação de ácidos orgânicos por HPLC-DAD</i> .....	35
4.7.3 <i>Determinação dos açúcares por HPLC-RID</i> .....	36

4.7.4	Determinação de carotenoides por HPLC.....	36
4.7.5	Identificação e quantificação dos ácidos fenólicos por cromatografia líquida .....	37
4.8	Análises Estatísticas .....	38
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	38
5.1	Caracterização física.....	38
5.2	Caracterização físico-química .....	42
5.3.	Determinação de carotenoides e clorofila .....	48
5.4.	Determinação do teor de taninos condensados (TC) e hidrolisáveis (TH) .....	49
5.5.	Avaliação do efeito do solvente e o estágio de maturação na obtenção de compostos fenólicos .....	51
5.5.1	Efeito do tipo de solvente de extração .....	51
5.5.2.	Efeito dos estágios de maturação .....	54
5.6	Análises cromatográficas.....	61
5.6.1	Determinação do teor de ácido ascórbico .....	61
5.6.2	Determinação ácidos orgânicos .....	62
5.6.3	Determinação de açúcares .....	64
5.6.4	Determinação de carotenóides .....	65
5.6.5	Identificação e Quantificação dos Compostos fenólicos.....	67
5.7.	Análise de Correlação de Pearson .....	71
5.8	Análise de Componentes Principais (ACP) .....	72
6.	CONCLUSÃO .....	76
7.	SUGESTÕES PARA PERQUISAS FUTURAS .....	78
	REFERÊNCIAS.....	79
	ANEXO .....	90
	APÊNDICE.....	92

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um país que se destaca pelo grande potencial agrícola, devido às suas extensas terras fértil além das boas condições climáticas que oferece, fato este, comprovado por ser um dos principais produtores mundiais, exportando cerca de 836 milhões de frutas por ano, ocupando assim a terceira posição no ranking mundial de produção de frutas perdendo apenas para a China e Índia (CLERICI et al., 2011; ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2017).

O Nordeste brasileiro vem se destacando no cultivo de fruteiras, devido ao crescente reconhecimento de seu valor nutricional, e à sua enorme diversificação de sabor e aroma exótico (Silva et al., 2014), sendo de grande interesse para as agroindústrias, constituindo-se fonte de renda para a população local. Além, da presença de compostos bioativos, com potenciais benéficos e de interesse dos consumidores (RUFINO et al., 2010).

Nos últimos anos, as frutas tropicais têm se destacado, adquirido um crescente consumo e aumento da sua aceitabilidade pela população mundial, uma vez que são fontes indispensáveis de nutrientes, por serem essenciais para a vida, por possuírem aromas peculiares, extremamente agradáveis e a presença de compostos bioativos que são benéficos à saúde, como também à capacidade antioxidante, decorrente da ação de fitoquímicos. Sendo assim, os mais abundantes em frutas são vitamina C, carotenoides, flavonoides e polifenóis (Delva; Goodrichschneider, 2013; Gonzalez-Aguilar et al., 2008). Contudo, os fenólicos são os principais compostos bioativos com propriedades promotores de saúde, encontrados majoritariamente em partes não comestíveis das plantas, como casca e semente (BABBAR et al., 2011).

O Brasil apresenta uma rica diversidade de frutas, entre ela a Seriguela (*Spondias purpurea* L.), mesmo sendo nativas de outras regiões, a qual é distribuída em várias partes do mundo adaptaram-se bem as condições climáticas do Brasil (SAMPAIO et al., 2007), principalmente na região Nordeste brasileira. A seriguela é uma fruta tropical, sazonal, climatérica e bastante apreciada pelas comunidades locais, com uma excelente aceitação devido ao seu aroma agradável e sabor agridoce, no entanto é uma fruta bastante perecível, e no intuito de prologarem o seu consumo, grande parte delas são processadas, sendo transformadas em sucos, néctares, polpas, geléias e doces, que podem ser encontradas durante todo o ano em diversas regiões do Brasil com potencial para exploração e comercialização (ENGELS et al., 2012). Devido à crescente demanda no cultivo de espécies de *Spondias*, e a comercialização de

frutas processadas, confirma o potencial do setor agro-socioeconômico dessas espécies (MALDONADO-ASTUDILLO et al., 2014).

Após o processamento das frutas, estima-se que cerca de 40% da produção dos frutos sejam considerados resíduos compostos de restos de polpa, casca e semente, que não possuem um destino específico, gerando um dos maiores problemas do mundo, que é o desperdício de alimentos (HENRIQUE et al., 2013). Contudo, esses resíduos de frutas podem ser usados como matéria-prima para produção de alimentos ou até mesmo no uso farmacêutico, visto que as substâncias antioxidantes com potencial funcional se concentram principalmente na casca e sementes das frutas, como compostos fenólicos, ácido ascórbico (vitamina C) entre outros.

Nesse sentido, a seriguela é uma fruta que vem sendo estudada nos últimos anos, mas ainda há poucas informações científicas a respeito dessa espécie (seriguela - *Spondias purpurea* L.). Com base a tudo o que foi exposto e observado na literatura existente, que dentre os trabalhos publicados não foi encontrado investigações mais detalhadas na composição fitoquímica entre as variadas partes do fruto (casca, polpa e semente) e nos diferentes estágios de maturação da seriguela. Sendo assim, se faz necessário gerar informação a fim de ampliar, diversificar e maximizar a exploração dessa frutífera, agregando valor para seu fruto e derivados, bem como proporcionar valorização comercial e aproveitamento dessa matéria-prima, assim como, o melhor aproveitamento das partes subutilizadas, gerando desenvolvimento para os indivíduos e regiões envolvidas, tendo em vista a importância do consumo de frutas associados a um melhor estilo de vida.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Aspectos gerais sobre consumo de frutas tropicais

O Brasil possui uma grande diversidade de espécies frutíferas que são bastante apreciadas, devido ao reconhecimento do seu valor nutricional, além de serem de grande interesse para as agroindústrias, gerando fonte de renda para população. De acordo com *Food and Agriculture Organization* (FAO) a produção de frutas tropicais atingiu cerca de 118 milhões de toneladas, observando um amplo crescimento no comércio mundial de frutas tropicais chegando a aproximadamente sete milhões de toneladas entre os anos de 2016 e 2017, gerando um grande volume de exportação e contribuindo para a segurança alimentar (FAO, 2017).

As frutas tropicais vêm ganhando importância globalmente, contribuindo para uma dieta saudável, uma vez que são fontes indispensáveis com propriedades nutricionais e terapêuticas (RUFINO et al., 2010), sendo bastante apreciada devida sua diversidade no sabor, aroma valor nutricional, como também seus benefícios à saúde (DELVA e GOODRICHEIDER, 2013).

Estudos evidenciam que a ingestão diária de frutas pode combater danos oxidativos causados por radicais livres, reduzindo assim os riscos do surgimento de algumas doenças degenerativas como câncer, disfunção cerebral, doenças cardiovasculares e envelhecimento precoce, uma vez que muitas frutas são ricas em compostos bioativos como compostos fenólicos e algumas substâncias como vitaminas (C e E) e carotenoides (VETRANI et al., 2013; SILVA et al., 2014).

De acordo com Organização Mundial da Saúde (OMS), aproximadamente 24,1% dos brasileiros ingerem frutas. Normalmente as frutas são consumidas *in natura*, podendo apreciar melhor suas características sensoriais e suas propriedades nutricionais. No entanto, as frutas são altamente perecíveis, e no intuito de aumentar a sua capacidade de consumo, pesquisas têm sido realizadas com objetivo de desenvolver métodos de processamento e conservação dos frutos de modo a reduzir perdas no período da safra. As frutas são processadas, para a obtenção de produtos como sucos, néctares, polpas, geleias, sorvetes e doces (DE SOUZA et al., 2000), agregando valor ao produto final e facilitando a comercialização para outras regiões onde o clima não é favorável para o cultivo (BARRET et al., 2005).

## 2.2 *Spondias purpurea* L. – Seriguela

O gênero *Spondias* pertencente à família Anacardiaceae possui cerca de 15 espécies de árvores ou arbustos diogônicos ou polígamos amplamente distribuídos na América tropical, do sul do México e da América Central. Seis dessas espécies são encontradas no Nordeste, as quais são exploradas pelo seu valor comercial. Dentre elas destacasse a Seriguela (*Spondias purpurea* L.) o cajá (*Spondias mombin* L), a cajarana ou cajá-manga (*Spondias cytherea*), o umbu (*Spondias tuberosa*) e duas espécies ainda não bem definidas taxonomicamente, o cajá-umbu e o umbu-caja (*Spondias* spp.) (POPENOE, 1980; ENGELS et al., 2012).

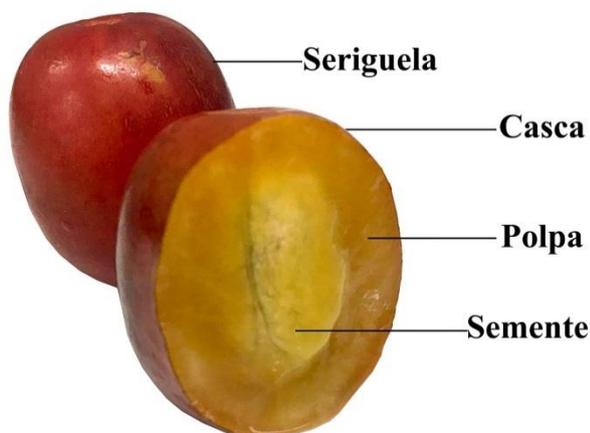
A seriguela (*Spondias purpurea* L.) pode ser encontrada em várias partes do mundo como as regiões tropicais da América Central, México, Guatemala, Caribe e também alguns países da América do Sul, principalmente no Nordeste do Brasil (SAMPAIO et al., 2007; AUGUSTO et al., 2012).

Segundo Cuevas (1994), existem inúmeras variedades de *Spondias purpurea*, mas ainda não foram caracterizadas formalmente. Bautista-Baños et al. (2000), relata que a produção deste fruto no México (red mombin) ocorre durante todo o ano. A principal variedade botânica é produzida de setembro a outubro, no fim de estação chuvosa.

É uma árvore caducifólia de 3 a 6 m de altura, suas folhas medem de 18 a 24 cm, com 9-11 pares de folíolos membranáceos com cerca de 2,5 cm de comprimento. Apresenta flores discretas, unissexuadas (masculina e feminina) e andróginas na mesma planta (LORENZI, 2006).

Os frutos (Figura 1) apresentam estrutura ovoide que variam de 3-5 cm de comprimento, com superfície lisa e brilhante e pode pesar entre 4 a 12 g, sendo que a semente responsável pela maior fração do tamanho do fruto. A coloração do epicarpo depende do seu estágio de maturação com também da região cultivada. De acordo com Miller et al. (2006) os frutos de seriguela são vermelhos ou amarelos brilhantes em algumas regiões. Os frutos possuem aroma agradável com sabor agridoce e são consumidos na maior parte *in natura* (DI STASI, 2002; OMENA et al., 2012; DOS ANJOS et al., 2018).

**Figura 1** - Imagem de fruto de Seriguela (*Spondias purpurea* L.)



Fonte: próprio autor.

A *Spondias purpurea* L é conhecida por diferentes nomes, que pode mudar de acordo com a região geográfica, conforme pode ser observado na Tabela 1.

**Tabela 1-** Relação dos diferentes nomes populares encontrado para os frutos da espécie *Spondias purpurea* L.

Nome científico	Nomes populares	Região (País)	Referências
<i>Spondias purpurea</i> L.	Ciriguela	Bahia - Brasil	Silva et al., 2016
	Siriguela	São Paulo - Brasil	Augusto et al., 2012
	Jacote	Costa Rica e Canadá	Engels et al., 2012
	Ciruela mexicana	México	Alia-tejacal et al., 2012
	Mexican plum	México	Solorzano-morán et al., 2015
	Red mombin	São Paulo - Brasil	Bautista-Baños et al., 2000
	Ameixa	Índia	Kohatsu, 2011
	Ovo	Norte do Equador	M. Mohammed, 2011
			Kaziol e Macia, 1998
			Chamorro Hernández, 2014

Fonte: Próprio autor.

No Brasil é popularmente conhecida como seriguela, sendo uma fruta que se adapta bem ao clima tropical e em arbustos, não necessitando de cultivo delicado (ARSHADI et al., 2015; SILVA et al., 2016) e o período de frutificação é entre os meses de dezembro e fevereiro.

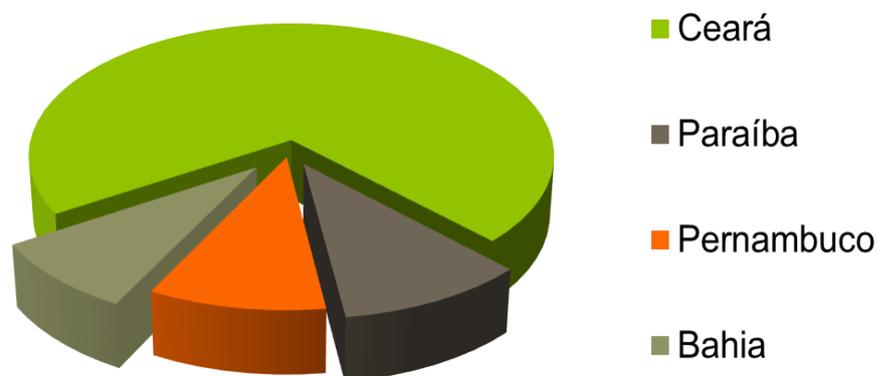
Quanto ao estágio de maturação exerce influência na qualidade do fruto. Geralmente a colheita é feita quando completa sua total maturação, o que vai depender do seu destino final,

pois quando colhidos verdes os frutos não amadurecem, enrugam e não desenvolvem as características organolépticas ideais para comercialização. Por ser um fruto altamente sensível, apresenta um curto período pós-colheita, necessitando ser refrigerado para prologar o tempo de vida útil. Por esses motivos os frutos são comercializados durante a safra por vendedores ambulantes em locais próximos da área de cultivo, como feiras livres e às margens de vias públicas (MARTINS et al., 2003; MALDONADO-ASTUDILLO et al., 2014).

Os frutos de seriguela são muito apreciados no nordeste brasileiro e nos últimos anos algumas pesquisas têm sido realizadas com objetivo de reduzir perca, agregando valor comercial, bem como também vem ganhando importância na indústria na elaboração de variados produtos como formulações de néctares (SOUZA FILHO et al., 2002), geleia e doces (LIMA E MELEIRO, 2012), sucos, bebidas fermentadas, sorvetes a partir de frutas tropicais, incluindo a seriguela (MUNIZ et al., 2002), além da produção de biscoitos utilizando resíduos de seriguela (ALBUQUERQUE et al., 2016), tendo como resultados excelente aceitação sensorial.

De acordo com os dados disponíveis pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE) realizada em 1996, relata que a produção de seriguela no Brasil corresponde a 3,745 toneladas por ano com uma área colhida de 899,139 por hectares, sendo o nordeste responsável por aproximadamente 90% da produção nacional, abrangendo 3,372 toneladas produzidas. Dentre os principais produtores de seriguela no Nordeste (Figura 2), o Ceará se destaca com 65% da produção em toneladas, seguido do estado da Paraíba (9,4%), Pernambuco (8,8%) e Bahia (7,8%).

**Figura 2-** Principais produtores de seriguela no nordeste brasileiro



Fonte: IBGE (1996)

Sob o ponto de vista alimentar, a seriguela é um fruto constituído de minerais, altos teores de vitamina C e de provitamina A, devido à presença de carotenoides como a  $\beta$ -criptoxantina e o  $\beta$ -caroteno, além disso, é considerada excelente fonte de carboidratos, cálcio, fósforo, ferro e vitaminas A B e C (TIBURSKI et al., 2011; KOZIOL E MACÍA, 1998). Nos estudos realizados por Silva et al. (2012), Dutra et al. (2017) e Omena et al. (2012), os autores relataram que o fruto possui forte potencial antioxidante e rico em compostos fenólicos, além da presença de outros compostos como flavonóides. Engels et al. (2012) ao investigar cascas de seriguela identificaram 20 compostos, dentre eles ácidos fenólicos e flavonoides.

A seriguela também tem sido alvo de pesquisas que comprovam a sua capacidade medicinal, como atividade antimicrobiana atribuída aos compostos bioativos (GACHET et al., 2010; GENOVESE et al., 2008; AGRA et al., 2007), antidiarreica e indícios de baixa toxicidade (Ramos, 2013). No estudo realizado por Albuquerque et al. (2007), há relatos por populares o uso da casca e folha da árvore no tratamento de cólicas, diarreia e dor de cabeça. Silva et al. (2016) ao avaliar extrato bruto de casca de seriguela relatou ser uma fração do fruto rico em compostos como, taninos, ácidos fenólicos e flavonoides, bem como também formulou um filtro solar a partir do extrato que se apresentou como uma excelente proteção UVA/UVB.

Com base no que foi exposto, verifica se há necessidade de mais estudos na caracterização fitoquímica e atividade antioxidante durante o processo de amadurecimento dos frutos.

### **2.3 Maturação fisiológica**

A maturação é caracterizada como o estágio de crescimento que leva a fruta à maturidade, ou seja, mudanças físicas e químicas que tornam o fruto aceitável para o consumo como também afetam a qualidade sensorial do fruto (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Durante o processo de amadurecimento, diversa transformação física, química e bioquímica ocorre no fruto tais como: mudanças na cor do epicarpo, textura, degradação de amido, teor de açúcares solúveis, acidez e compostos aromáticos. As alterações assim como o período de duração da maturação variam de acordo com cada espécie (KATZ et al., 2004).

Vários fatores podem ser observados durante esse processo, o fruto torna-se mais macio e mais colorido em decorrência da degradação da clorofila e do desenvolvimento acentuado de pigmentos carotenoides e/ou flavonoides, como também na composição química, os quais são sólidos solúveis que indica a quantidade de substâncias dissolvidas na polpa (LIRA JÚNIOR et al., 2010). Já a acidez diminui com amadurecimento e o pH aumenta, indicando uma diminuição

dos ácidos orgânicos presentes nos frutos (MARTINS et al., 2003). Vale salientar que, os ácidos orgânicos são importantes na maturação dos frutos, visto que, é fonte de energia durante o processo de respiração (SAMPAIO et al., 2007).

O processo de amadurecimento dos frutos é sintetizado de novas proteínas os quais fornecem energia ao tecido da fruta que pode variar entre frutos climatéricos ou não climatéricos (SAMPAIO et al., 2007). A seriguela por ser um fruto climatérico, tem seu processo de maturação caracterizado por um aumento na taxa respiratória e na produção de etileno, o que proporciona aos frutos uma vida útil pós-colheita reduzida, bem como devido as mudanças durante o processo de maturação em suas características físicas e químicas como na cor, sabor e teor de açúcar (MALDONADO-ASTUDILLO et al., 2014; MONTALVO-GONZÁLEZ et al., 2011).

A qualidade do fruto durante a maturação depende de vários fatores que pode variar de acordo com cada espécie. Portanto, é importante conhecer as alterações fisiológicas e bioquímicas, bem como também seus compostos bioativos durante o amadurecimento.

## **2.4 Compostos Fenólicos**

Os compostos fenólicos também conhecidos como polifenóis, representam um importante grupo de compostos bioativos em alimentos. São metabólitos secundários produzidos pelas plantas durante o desenvolvimento normal e em resposta a condições de estresse como infecções, radiação UV, entre outros. Estas substâncias são responsáveis pelo desempenho das funções estruturais e de proteção em plantas, além de contribuírem para a cor, sabor, adstringência e amargor nos alimentos (MONAGAS et al., 2005; SOTO et al., 2011).

Os compostos fenólicos são componentes, considerados antioxidantes naturais que podem ser encontrados nos alimentos e em grande quantidade em frutas, possuindo diversas funções químicas e biológicas. Nas frutas, os compostos fenólicos se encontram em toda matriz, no entanto pode apresentar diferentes concentrações no caule, folha e frutos.

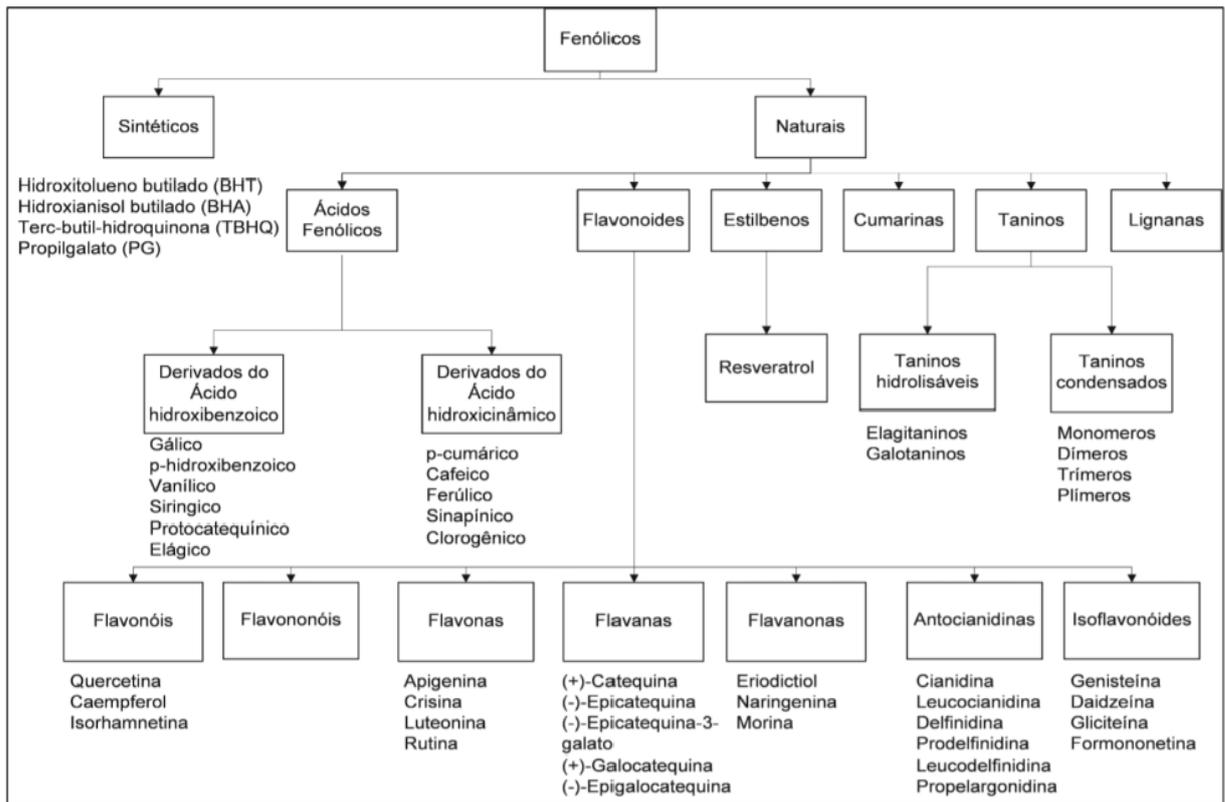
Os maiores teores podem estar disponíveis em partes específicas da planta, como nas frutas, a casca pode apresentar maiores concentrações de compostos fenólicos em relação à polpa (MONAGAS et al., 2005; ANDRÉS-LACUEVA et al., 2010). No entanto, quantidade desses compostos pode variar de acordo com alguns fatores como região de plantio, espécie, cultivar, sistema de cultivo, tipo de solo, estágio de maturação e condições de armazenamento (MARTINS et al., 2011; KING e YOUNG, 1999).

Nas frutas, vegetais e seus produtos os compostos fenólicos são conhecidos como os principais responsáveis pela capacidade antioxidante e por possuírem elevado potencial de oxidação e redução de sua estrutura química. O consumo destas matérias-primas e seus produtos ricos em substâncias bioativas estão associados à redução de riscos de doenças cardiovasculares, câncer e outras doenças crônicas. Pois os compostos fenólicos têm a capacidade de neutralizar radicais livres e conseqüentemente, prevenir o aparecimento dessas doenças (OLIVEIRA e BASTOS, 2011; ALMEIDA et al., 2011; ALI et al., 2008).

Os compostos fenólicos representam uma grande variedade de substâncias que possuem um anel aromático contendo um ou mais grupos hidroxílicos, incluindo os seus derivados funcionais. Possuem estrutura variável, constituindo um amplo grupo de substâncias, com mais de 8000 estruturas largamente distribuídas em todo o reino vegetal que vão desde moléculas simples como os ácidos fenólicos (ácidos benzoicos, cinâmico e seus derivados), flavonoides (antocianinas, flavonóis e seus derivados) e taninos (BRAVO, 1998).

Os flavonoides compreendem um grupo de compostos fenólicos, como, flavonóis, flavonas, flavanonas, catequinas, antocianinas, isoflavonas e chalconas (SILVA et al., 2010a), esses compostos possuem vários benefícios de atividades bioquímicas, fisiológicas e farmacêuticas, além disso, estas substâncias possuem atividade antioxidante, caracterizada pela capacidade de sequestrar radicais livres em organismos vivos (BRAVO, 1998).

De acordo com sua estrutura química podem ser divididos em várias classes de acordo com o número de anéis fenólicos e elementos estruturais que ligam esses anéis uns aos outros, como pode ser observado na Figura 2.

**Figura 3** - Representação das principais classes de compostos fenólicos.

Fonte: SHAHIDI e AMBIGAIPALAN (2015).

Quanto à determinação dos principais constituintes de seriguela, estudos demonstraram a presença de diversos compostos químicos, conforme pode ser observado na Tabela 2.

**Tabela 2** - Principais compostos fenólicos presentes em frutos de seriguela.

Seriguela		Compostos Identificados	Solvente de extração	Referências
Parte da planta	Estágio de maturação			
Casca (Liofilizada)	Maduro	Ácido gálico Ácido clorogênico Quercetina Rutina Kampferol	Acetona / 0,1% de ácido fórmico	Engels, et al. (2012)
Casca	Maduro	Ácido caféico Ácido elágico Rutina Quercetina	Metanol	Silva, (2016)

Casca	Maduro	Ácido clorogênico Quercetina	Etanol 95%	Omena et al. (2012)
Semente				
		Ácido <i>p</i> - hidroxibenzóico Ácido salicílico Ácido siríngico Ácido vanílico Ácido ferúlico Ácido <i>p</i> - cumárico Ácido elágico Ácido protocatecuico Ácido gálico Myricetina Quercetina Catequina Rutina	Metanol 50% /HCl pH 2	Dutra et al, (2017)
Polpa (Liofilizada)	Maduro			

Fonte: Próprio autor.

Como pode ser observada, a maior parte dos trabalhos que identificaram os compostos em frutos de seriguela foi ao estágio de maturação de consumo, o que demonstra que mais estudos precisam ser realizados, a fim de conhecer a composição química das partes dos frutos de seriguela nos diferentes estágios de maturação.

## 2.5 Processo de extração

Existem diversos métodos e tipos de solventes para a extração dos compostos bioativos em uma determinada matriz. A escolha do método está relacionada a diversos fatores como polaridade do solvente, tempo de extração, natureza química do composto, rendimento, temperatura, solubilidade, custos, entre outros (NACZK; SHAHIDI, 2004).

A seleção do tipo de solvente na extração dos compostos fenólicos é uma etapa importante, tendo em vista, a questão da afinidade dos compostos presentes da matriz vegetal com o solvente utilizado, sendo necessários estudos prévios para seleção do solvente ideal para cada tipo de amostra.

Os compostos fenólicos são substâncias de elevada polaridade, que podem ser extraídos por meio de solventes como metanol, etanol, acetona, água, acetato de etila, propanol, entre outros como também suas combinações (ANGELO e JORGE, 2007).

A polaridade dos solventes é essencial e diretamente correlacionada com a natureza do composto que deseja ser extraído (ANDREO et al., 2006). O etanol, além de ser um solvente com polaridade média, apresenta caráter anfifílico, ou seja, tem a capacidade de extrair tanto substâncias com caráter apolar quanto polar (OLIVEIRA et al., 2015).

A água é considerada o solvente universal que, quando combinada com outros solventes orgânicos, ajuda tornar o meio um pouco mais polar, o que favorece a extração de compostos fenólicos (VIZZOTTO E PEREIRA, 2011). Segundo Moure et al., (2001) o etanol e água são os solventes mais utilizados por razões de higiene e abundância, respectivamente.

O efeito do pH da extração também é considerado importante provavelmente devido à alteração na composição do fenol (SHEABAR E NEEMAN 1988). Em um estudo relatado por Baublis et al. (2000) foi reportado o aumento da atividade antioxidante das frações aquosas do farelo de trigo após o tratamento em condições ácidas. Rodrigues et al. (2015), ao avaliarem as condições de extração de casca de jabuticaba os autores relatam que o pH do solvente de extração influenciou na concentração dos compostos fenólicos e antocianinas.

Outro fator crucial na realização da extração são os métodos utilizados, dentre ele o ultrassom, tem sido bastante utilizada na obtenção de diversos compostos e substâncias, apresentando maior eficiência em menor tempo e seu uso vem aumentando gradativamente por ser considerado um bom e alternativo procedimento quando comparado aos métodos clássicos de extração, isto porque proporciona alta eficiência, baixa demanda de energia e baixo custo com água (CHEMAT et al., 2011). Além disso, é capaz de provocar ao longo do processo o rompimento da parede celular da matriz vegetal aumentando o poder de penetração do solvente e o contato entre as fases soluto/solvente, facilitando assim, a liberação dos extratos (MA et al, 2008).

Diversos estudos têm enfatizado a utilização do banho ultrassônico para a extração de variados compostos. No estudo realizado por Resende et al. (2017), ao avaliarem a extração de polpa e resíduo de acerola, utilizando ultrassom variando solvente, tempo e temperatura, os autores concluíram que a extração de fenólicos, flavonóides, antocianinas foi observado para as extrações com as condições utilizando etanol 46,49% acidificado (pH 2) em combinação com o método de extração por ultrassom. Rodrigues et al. (2015) também enfatizaram a utilização do banho ultrassônico na otimização de compostos fenólicos e antocianinas, juntamente com etanol 46% acidificado a pH 1. O que justifica a utilização desse método, o qual apresenta resultados promissores na extração de compostos bioativos, além de estarem associados ao conceito de química verde, visando à redução de solventes, menor consumo de energia entre outros.

## 2.6 Identificação e quantificação de compostos bioativos

A cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) é uma das técnicas mais utilizadas para a separação e quantificação de distintas espécies químicas presentes numa amostra. A separação dos compostos é dada pela interação seletiva entre as moléculas do soluto e duas fases, uma estacionária e outra móvel (COLLINS et al., 2006). Durante a passagem da fase móvel sobre a fase estacionária, os componentes da mistura são distribuídos entre as duas fases, de tal forma que cada um dos componentes é seletivamente retido pela fase estacionária, resultando em migrações diferenciais destes componentes, onde a fase estacionária é um sólido e a fase móvel é um fluido líquido (CASS, 2015).

O sistema de cromatografia líquida de alta eficiência é composto, essencialmente, por um reservatório, um sistema de injeção, uma coluna cromatográfica, um detector e um registrador de dados. As técnicas cromatográficas são ferramentas analíticas que tem a capacidade de separação de diferentes compostos com alto potencial de identificação e alta seletividade, uma vez que permite a identificação e quantificação de diversos compostos, devido à alta sensibilidade deste equipamento permite identificação individual de compostos presentes na amostra. Além disso, oferece especificidade, versatilidade e seletividade (HAGE et al, 2006).

Quanto à determinação de compostos em seriguela, estudos demonstraram a presença de importantes compostos químicos através da técnica de cromatografia líquida. Omena et al., (2012), identificou os compostos ácido clorogênico e quercetina na casca e semente da seriguela, assim também como Engels et al., 2012 identificou 20 compostos fenólicos encontrados a partir da fragmentação de íons precursores. Em outro estudo realizado por Silva et al. (2016), o autor também identificou compostos como ácido caféico, ácido elágico, rutina e quercetina. Entretanto existem poucos estudos sobre o perfil dos compostos fenólicos existente da mesma, assim também como não há relatos em diferentes estágios de maturação.

### 3 OBJETIVOS

#### 3.1 Objetivo Geral

Determinar a composição físico-química, fitoquímica e a atividade antioxidante presentes na semente, casca e polpa de frutos de seriguela (*Spondias purpurea* L.) nos estádios de maturação verde, de “vez” e maduro.

#### 3.2 Objetivos Específicos

- ✓ Determinar a cor e firmeza dos frutos de seriguela nos diferentes estágios de maturação;
- ✓ Realizar a caracterização físico-química da semente, casca e polpa nos três estágios de maturação da seriguela;
- ✓ Avaliar o tipo de solvente na extração de compostos fenólicos nas diversas partes do fruto dos três estágios de maturação;
- ✓ Determinar o conteúdo de fenólicos totais e flavonoides nas diversas partes do fruto nos três estágios de maturação;
- ✓ Avaliar a atividade antioxidante nas diferentes partes dos frutos de seriguela pelos métodos de DPPH, ABTS<sup>+</sup>, FRAP e ORAC;
- ✓ Identificar e quantificar os açúcares, ácidos orgânicos, carotenoides, na casca, polpa e semente em diferentes maturações dos frutos de seriguela utilizando Cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC);
- ✓ Identificar e quantificar os ácidos fenólicos e flavonóides na casca, polpa e semente nos diferentes estágios de maturação utilizando o sistema *Ultra Fast Liquid Chromatography* (UFLC/DAD).

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Flavor e Análises Cromatográficas (LAF), pertencente ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos (PROCTA) da Universidade Federal de Sergipe – UFS, Brasil.

### 4.1 Padrões analíticos e reagentes

A água utilizada para a fase móvel foi purificada através de um sistema Milli-Q (Millipore, São Paulo, Brasil; Direct-Q<sup>®</sup>3UV). Os solventes acetonitrila, ácido fórmico, acetato de etila e metanol utilizado foram de grau de pureza de HPLC de 98% obtido de Sigma-Aldrich e Fluka Analytica (St. Louis, MO, EUA). Os padrões utilizados foram: Ácido cafeico (C<sub>9</sub>H<sub>8</sub>O<sub>4</sub>), ácido clorogênico (C<sub>16</sub>H<sub>18</sub>O<sub>9</sub>), ácido ferúlico (C<sub>10</sub>H<sub>10</sub>O<sub>4</sub>), catequina (C<sub>15</sub>H<sub>14</sub>O<sub>6</sub>), epicatequina (C<sub>15</sub>H<sub>14</sub>O<sub>6</sub>), epigallocatechin gallate (C<sub>22</sub>H<sub>18</sub>O<sub>11</sub>), galato de etila (C<sub>9</sub>H<sub>10</sub>O<sub>5</sub>), ácido siríngico (C<sub>9</sub>H<sub>10</sub>O<sub>5</sub>) ácido gálico (C<sub>7</sub>H<sub>6</sub>O<sub>5</sub>), kaempferol (C<sub>15</sub>H<sub>10</sub>O<sub>6</sub>), kaempferol-3-glucoside (C<sub>21</sub>H<sub>20</sub>O<sub>11</sub>) ácido *p*-cumárico (C<sub>9</sub>H<sub>8</sub>O<sub>3</sub>), vanilina (C<sub>8</sub>H<sub>8</sub>O<sub>3</sub>), rutina (C<sub>27</sub>H<sub>30</sub>O<sub>16</sub>), ácido succínico (C<sub>4</sub>H<sub>6</sub>O<sub>4</sub>) quercetin (C<sub>15</sub>H<sub>10</sub>O<sub>7</sub>) quercetin-3-glucoside (C<sub>21</sub>H<sub>20</sub>O<sub>12</sub>), pirocatecol (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>O<sub>2</sub>) e ácido protocatecuico (C<sub>7</sub>H<sub>6</sub>O<sub>4</sub>) todos adquiridos da Sigma-Aldrich (Saint Louis, MO, EUA). Os reagentes etanol, cloreto de alumínio, carbonato de sódio e tampão de fosfato de potássio, foram fornecidos da Synth (Diadema, São Paulo, Brasil), enquanto o sulfato de ferro e o carbonato de cálcio da Química Fina (Diadema, São Paulo, Brasil).

Reagente fenólico de Folin-Ciocalteu, fluoresceína, 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametil-crom-2-carboxico (Trolox), radical 2,2-difenil-1-pi-crilhidrazilo (DPPH), ácido 2,2-azino-bis-3-etilbenzotiazolino-6-sulfônico (ABTS<sup>+</sup>), Dicloreto de 2,2-azobis-2-amidinopropano (AAPH) e o reagente FRAP foram obtidos da Sigma Aldrich (St. Louis, MO, EUA).

### 4.2 Matéria-prima

Os frutos de seriguela (*Spondias purpurea* L) foram coletados de forma aleatória em uma fazenda, localizado na cidade de Nossa senhora de Lourdes do estado de Sergipe (Coordenadas geográficas 10°01'34.4"S, 36°57'47.7"W). A identificação da espécie vegetal foi realizada no Herbário da Universidade Federal de Sergipe (ASE) de São Cristóvão–SE, onde está depositada a exsicata sob registro de tombamento ASE 42179 (ANEXO 1).

Os frutos foram selecionados e agrupados em três diferentes estágios de maturação de acordo com o percentual de coloração da casca avaliados visualmente (Figura 3).

**Figura 4** - Imagens de frutos de seriguela em diferentes estágios de maturação.



Frutos de seriguela. a) estágio de maturação (verde); b) estágio de maturação (de “vez”); c) estágio de maturação (maduro). Fonte: Próprio autor.

Conforme era sendo feito a separação dos frutos, foram observadas algumas características, as quais foram descritas na Tabela 3.

**Tabela 3** - Estágios de maturação definidos pela avaliação visual das características físicas observadas.

<b>Classificação do estágio de maturação</b>	<b>Características observadas nos frutos</b>
Verde	Casca verde, polpa verde claro e consistência firme.
De “vez”	Casca amarela com pontos avermelhados e consistência levemente macia.
Maduro	Casca vermelha e polpa macia.

Fonte: Próprio autor.

Posteriormente, os frutos foram transportados para o laboratório (LAF) lavados e higienizados por imersão em solução clorada (hipoclorito de sódio) a 30 ppm, enxaguados em água corrente e em seguida, foram realizadas as análises físicas e posterior despulpamento e separação das partes (polpa, casca e semente).

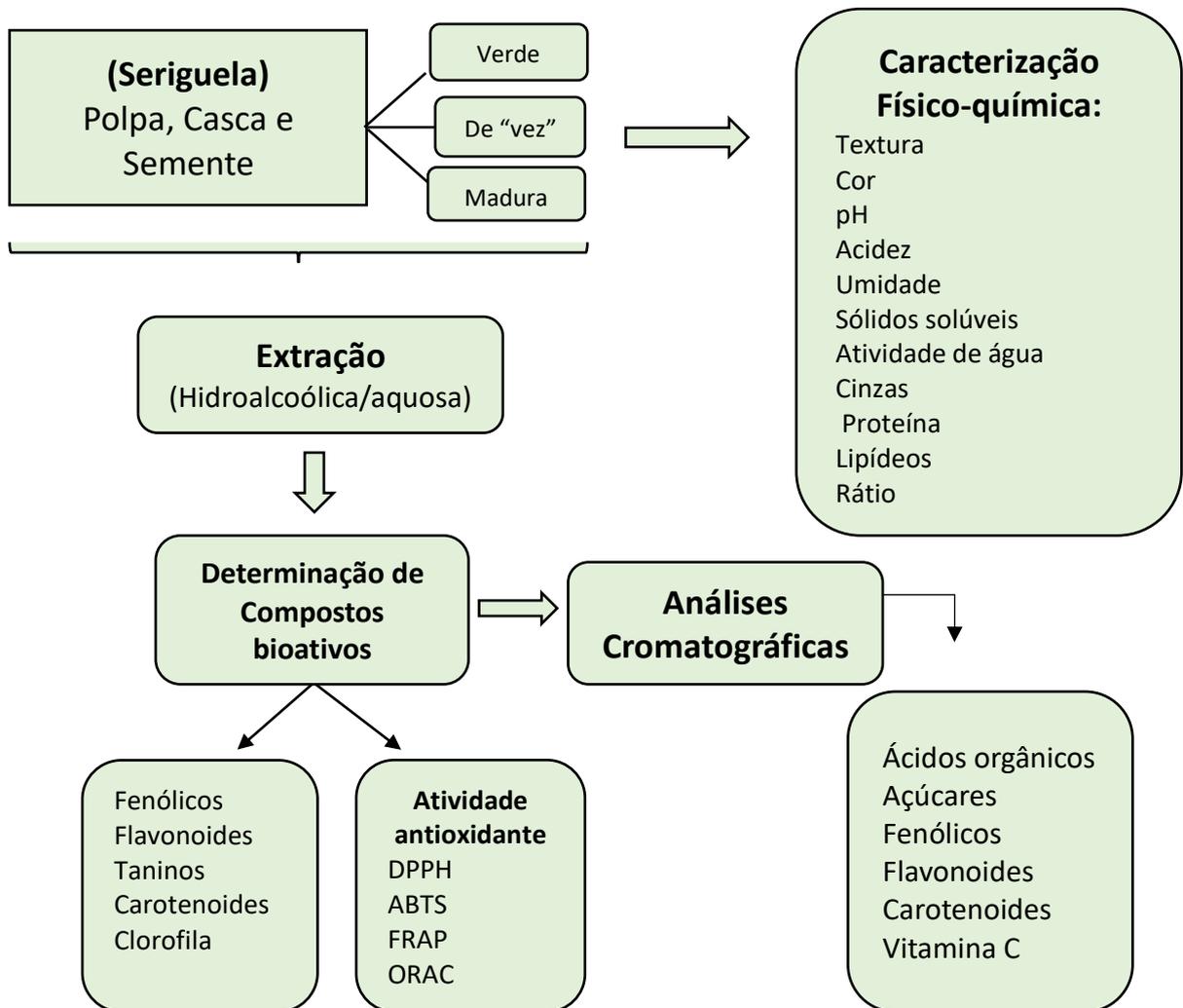
Logo após, os frutos foram despulpados manualmente e com a obtenção da casca, polpa e semente, as amostras foram processadas separadamente para obter uma mistura homogênea para posteriores análises e elaboração dos extratos. Cada componente do fruto foi acondicionado em recipientes de polietileno e guardado sob congelamento a -18 °C.

As sementes foram desidratadas em estufa com circulação e renovação de ar (Marconi, modelo MA 035/5, São Paulo, Brasil) a 40 °C até peso constante. Após a desidratação as sementes secas foram trituradas utilizando um moinho de facas tipo Willey Fortinox Super Star

FT-80/2. Com as devidas partes dos frutos obtidas, foi dado início a realização das análises físico-química e obtenção dos extratos líquidos.

Na Figura 5 é possível verificar de forma exemplificada o fluxograma do planejamento experimental com as principais etapas e atividades executadas na presente pesquisa.

**Figura 5** - Fluxograma das análises que foram realizadas durante a execução dos experimentos.



Fonte: Próprio autor.

### 4.3 Procedimento experimental

#### 4.3.1 Característica física

##### 4.3.1.1 Medidas da massa, comprimento e densidade dos frutos

As medições das características físicas do fruto foram realizadas com amostra média de 10 frutos por repetição, totalizando 30 frutos para cada estágio de maturação, no período sendo realizadas as seguintes medidas físicas: comprimento e diâmetro do fruto inteiro e a densidade. As medidas de massa foram obtidas a partir de balança analítica com precisão de 0,0001g e os resultados expressos em gramas, e as dimensões foram efetuadas por meio de paquímetro digital e os valores foram expressos em milímetros (mm). A densidade foi determinada através da relação massa/volume de 100 frutos, um a um. Determinou-se a massa dos frutos em balança analítica em seguida imergiram-se os frutos em uma proveta de 250 mL com água destilada e verificou-se o volume de água deslocado pelo fruto. Os valores de densidade foram obtidos através da Equação 1.

$$\rho = m/v \quad \text{Eq. (1)}$$

Onde:

$\rho$  = densidade (g/mL);

m = massa (g);

v = volume medido (mL)

##### 4.3.1.2 Análise de cor

A determinação foi realizada por leitura direta no colorímetro (CHOMA METER, modelo CR 400, Konica Minolta Inseng, Japão). O iluminante escolhido foi o D65, recomendado pela CIE (Comissão Internacional de Iluminação), por representar a luz média do dia. O equipamento foi calibrado antes das leituras. Foi utilizada a escala de cor CIELAB que definem a cor em um espaço tridimensional, onde foram medidos os parâmetros  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ , assim como as coordenadas esféricas do ângulo Hue e Choma.

##### 4.3.1.3 Análise de perfil de textura

A firmeza foi analisada utilizando um texturômetro digital modelo CT325KG *texture analyzer* fabricado pela Brookfield Engineering Laboratories, USA. Foram utilizados os seguintes parâmetros: célula de carga de 25 kg e uma sonda cilíndrica (TA3/100) para simular

a força exercida, a qual foi programada para penetrar 4 mm na amostra a uma velocidade de 0,5 mm/s, sendo selecionado o teste TPA (*Texture Profile Analyses*), onde é possível medir a resistência da polpa a penetração com ruptura. Os dados foram analisados através do software (Texture Pro CT3 V1.2 Build 9). Todas as medidas foram realizadas em triplicata e os valores foram expressos em Newton (N).

#### 4.3.2 Análises físico-químicas

##### 4.3.2.1 Sólidos Solúveis Totais

O conteúdo dos sólidos solúveis foi determinado por medição direta em refratômetro digital de bancada modelo DAS E-SCAN (Estados Unidos). O resultado foi expresso em °Brix. (IAL, 2008).

##### 4.3.2.2 Umidade

A umidade foi determinada pelo método de gravimetria, onde utilizou uma balança analítica com precisão de 0,0001g, utilizado cadinho de porcelana e estufa de circulação de ar (Marconi MA 035/2). Pesando aproximadamente 5g da amostra, utilizando secagem direta em estufa a 105 °C até obter o peso constante. O teor de umidade foi expresso em porcentagem de umidade da amostra (IAL, 2008).

##### 4.3.2.3 Análises de cinzas

Foram utilizados cadinhos de porcelana previamente tarados a 500 °C em mufla (Marconi MA 385), nos quais foram pesados 5g da amostra. Inicialmente, a amostra foi incinerada em placa aquecedora e posteriormente colocada na mufla. A pesagem foi feita até a obtenção do peso constante (IAL, 2008).

##### 4.3.2.4 Acidez titulável

A determinação foi efetuada através de titulação de aproximadamente 5 g de amostra, sendo posteriormente diluídas em 50 mL de água destilada. Em seguida, foi transferido para

um erlenmeyer de 125 mL e adicionado três gotas de solução de fenolftaleína a 1%. A titulação foi realizada utilizando solução de NaOH 0.1 M e o fator de correção de 0.1, sob agitação constante. O teor da acidez foi expresso em porcentagem de ácido cítrico por grama de amostra (IAL, 2008).

#### 4.3.2.5 Potencial Hidrogeniônico (pH)

A determinação foi executada por meio de leitura direta em pHmetro (Hanna Instruments, modelo HI 2221 (São Paulo, Brasil). Aproximadamente 5 g da amostra foram adicionadas a 50 mL de água destilada e posteriormente homogeneizada por 10 minutos em agitador magnético. Após esta etapa foi realizada a leitura do pH, previamente calibrado com as soluções tampões pH 7,0 e pH 4,0 (IAL, 2008).

#### 4.3.2.6 Atividade de água (aw)

A atividade de água foi realizada através de leitura direta em medidor eletrônico da AQUA LAB (4 TEV, USA), de acordo com as especificações do equipamento.

#### 4.3.2.7 Determinação do teor de lipídios

Para a determinação do teor de lipídios foi realizado de acordo com as normas do Instituto Adolf Lutz (2008) onde foram pesados 2 a 5 g da amostra, e foram colocados em cartuchos de papel, e estes em um aparelho extrator do sistema Soxhlet Manter sob aquecimento em chapa elétrica à extração contínua por oito (quatro a cinco gotas por segundo). Após o término da extração foi retirado o cartucho e realizado a destilação usando o hexano e transferido o balão com o resíduo extraído para uma estufa a 105 °C, mantendo por cerca de uma hora. Em seguida, o mesmo foi resfriado em dessecador por 30 minutos até a temperatura ambiente e pesado, este procedimento foi realizado até obter massa constante.

Para o cálculo do teor de lipídios foi utilizada a Equação 2.

$$\text{Teor de lipídios \%} = \frac{Pt+a-Pt}{P} \times 100 \quad \text{Eq. (2)}$$

Onde:

Pt+a = massa do tubo contendo a amostra;

Pt= massa do tubo vazio;

P = massa da amostra (g).

#### 4.3.2.8 Determinação de proteínas

A determinação foi dada através da pesagem de 2 g da amostra, na qual a matéria orgânica foi decomposta pelo ácido sulfúrico e mistura catalítica. A amostra foi digerida em tubos digestores e a titulação foi feita com hidróxido de sódio (0,1M). O fator de correção utilizado para transformação do nitrogênio em proteína foi de 6,25 (IAL, 2008).

#### 4.4 Procedimento de extração

Para a realização das extrações das matrizes sólidas da casca, polpa (*in natura*) e semente (desidratada), foi utilizado o ultrassom (modelo, USC-1400A, Unique, São Paulo, Brasil) com frequência ultrassônica de 40 khz.

Nesse estudo, a princípio, foram realizados dois tipos de extrações utilizando diferentes solventes com polaridades distintos. Para a extração foi utilizado mistura aquosa de etanol a 46,49% e água ultrapura. Os extratos obtidos foram analisados para a determinação do solvente com melhor potencial para a extração de compostos fenólicos.

A extração hidroalcoólica foi realizada de acordo com a metodologia proposta por Rezende, Nogueira e Narain (2017) com modificações. Foi preparando 1g de amostra para 8,66 mL de etanol 46,49% acidificado com ácido clorídrico 2N até pH 2 por 49,30 min no ultrassom a 40 °C e em seguida os extratos foram centrifugados em uma centrifuga (5810R, Eppendorf AG, Hamburgo, Alemanha a 4000 g, a 15 °C por 15 minutos.

A extração aquosa reproduziu as condições utilizadas na metodologia anterior, utilizando como solvente a água pura. Essa última extração foi utilizada como base para comparações.

O sobrenadante (extrato) foi coletado e acondicionado em frasco âmbar devidamente identificado e armazenado em freezer a -18 °C até o momento da realização das análises espectrofotométrica e cromatográficas onde foi filtrado utilizando filtro PVDF 0,45 µm.

## 4.5 Análises espectrofotométricas

Para a realização das análises espectrofotométricas os extratos da semente, casca e polpa foram diluídos conforme a faixa do analito de algumas análises. As leituras foram realizadas em um espectrofotômetro de microplaca com 96 poços (SpectraMax M2, Molecular Devices).

### 4.5.1 Determinação de fenólicos totais

O teor de ácidos fenólicos totais foi determinado pelo método espectrofotométrico com reagente fenólico de Folin-Ciocalteu, de acordo com a metodologia de Singleto e Rossi (1965) e modificado por González-Aguilar et al., (2007) e Moo-Huchin et al., (2015) onde, 50 µL dos extratos foram misturados com 3 mL de água deionizada e 250 µL de reagente de Folin-Ciocalteu (1N). Após 8 minutos de repouso, 750 µL de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 20% e 950 µL de H<sub>2</sub>O foram adicionados aos extratos; após repouso à 25°C durante 30 min, a absorbância foi lida a 765 nm em espectrofotômetro. A concentração dos compostos fenólicos foi calculada utilizando uma curva padrão de soluções aquosas de ácido gálico (ver Apêndice 1) e expressa em mg equivalente ácido gálico (EAG)/100 g de amostra.

### 4.5.2 Determinação de flavonóides totais

O teor de flavonoides totais foi determinado utilizando metodologia proposta por Zhishen et al., (1999) e modificado por González-Aguilar et al., (2007). A reação ocorreu por 5 min após a adição de 4 mL de H<sub>2</sub>O e 300 µL de NaNO<sub>2</sub> 5% a 1 mL do extrato. Após repouso, 300 µL de AlCl<sub>3</sub> 10% (solução metanólica) foram adicionados e a mistura ficou em repouso por 1 min. Posteriormente foram adicionados 2 mL de NaOH 1M, então o volume foi completado com H<sub>2</sub>O para 10 mL, e a mistura foi agitada. A absorbância foi medida a 415 nm. O teor de flavonóides totais foi determinado por meio de uma curva padrão de quercetina e expresso em mg Equivalente quercetina (QE)/100 g de amostra.

### 4.5.3 Determinação de carotenoides e clorofila

A determinação do teor de carotenoides e clorofila foi realizada de acordo com a metodologia apresentada por Lichtenthaler (1987). Aproximadamente 2g de amostra foi homogeneizada com carbonato de cálcio em 7 mL de acetona a 80%. Em seguida, foi filtrado o extrato diretamente no balão volumétrico de 25mL embrulhado em papel alumínio e o resíduo foi lavado utilizando papel de filtro, essa etapa foi realizada duas vezes com acetona a 80%. Posteriormente foi feito a aferição do balão com o mesmo solvente. As absorbâncias do extrato

foram lidas no comprimento de ondas de 646,8 e 663,2 nm para a determinação do conteúdo de clorofila a (Ca) e clorofila b (Cb) e 470 nm para carotenoides, sendo utilizada acetona 80% como branco. As concentrações foram determinadas de acordo com as seguintes Equações 3,4 e 5.

$$\text{Clorofila a (Ca)} = 12,25 \times A_{663,2} - 2,79 \times A_{646,8} \quad \text{Eq.(3)}$$

$$\text{Clorofila b (Cb)} = 21,50 \times A_{646,8} - 5,10 \times A_{663,2} \quad \text{Eq.(4)}$$

$$\text{Clorofila T } (\mu\text{g/g amostras}) = 7,15 \times A_{663,2} + 18,71 \times A_{646,8} \quad \text{Eq(5)}$$

Para a determinação do teor de carotenoides foi estimado a partir da leitura do extrato filtrado em espectrofotômetro a 646,8 e 663,2 e 470nm. A concentração foi estimada de acordo com a Equação 6:

$$\text{Carotenóides } (\mu\text{g/g}) = [1000 \times A_{470} - (1,82 \times Ca - 104,96 \times Cb)]/198 \quad \text{Eq. (6)}$$

Onde:

A= absorbância.

#### 4.5.4 Determinação do teor de taninos condensados (TC) e hidrolisáveis (TH)

A extração e determinação dos taninos foram realizadas de acordo com as metodologias propostas por Rhazi et al. (2015); Saad et al. (2012) e Scalbert, Monties, & Janin (1989), com modificações. A extração foi realizada usando metanol 80% e proporção amostra: solvente de 1:20 (g/mL). A mistura foi agitada em incubadora shaker (SL 222/SOLAB) a 150 rpm, 25 °C por 10 minutos; em seguida o sobrenadante foi coletado por filtração utilizando papel filtro Whatman nº1. O metanol foi evaporado sob pressão reduzida a 40 °C em evaporador rotativo (Quimis, Q344B), então foi realizada hidrólise ácida utilizando duas gotas de HCl (6N) seguida da extração com éter etílico (3 x 5 ml). A fase aquosa, contendo TC e TH, foi reagrupada e ajustada para 10 mL com água destilada.

Para determinação do teor de TC, o extrato aquoso (0,5 mL) foi misturado com 3 mL de solução de vanilina-metanol a 4%, posteriormente foi adicionado 1,5 mL de ácido clorídrico. A mistura foi deixada em repouso durante 15 min a 20 °C no escuro. A absorbância da mistura

foi medida a 500 nm. Uma solução aquosa foi usada para a calibração, e o resultado foi expresso em mg de catequina equivalente (ECA)/100 g de amostra. Os teores de TH foi determinado com teste de iodato de potássio, a solução aquosa  $\text{KIO}_3$  (2,5% v/v) (5mL) foi aquecida por 7 minutos a 30 °C, depois 1 mL do extrato foi adicionado. Após repouso por 2 minutos a 30 °C foi feita a leitura da absorbância a 550 nm. Uma curva de calibração foi construída utilizando uma solução de ácido tânico e o resultado foi expresso em mg de ácido tânico equivalente (EAT)/100 g de amostra.

#### **4.6 Determinação de atividade antioxidante**

##### *4.6.1 Atividade de sequestro do radical DPPH·*

A atividade antioxidante foi determinada pelo método direto de sequestro de radicais livres (DPPH· - 2,2 difenil-1-picrilhidrazil) de acordo com Kim et al. (2002). A solução-mãe foi preparada por mistura de 2,5 mg de DPPH· com 100 mL de etanol. A absorbância da solução foi ajustada a  $0,9 \pm 0,02$  em 517 nm após 30 minutos utilizando etanol P.A. como branco. O padrão analítico Trolox foi utilizado para a construção da curva analítica nas concentrações de 1,0 a 2,5 mmol /L e os resultados foram expressos como mmol equivalente de Trolox (TE) por grama de amostra.

##### *4.6.2 Atividade de captura do radical livre ABTS<sup>·+</sup>*

A determinação da atividade antioxidante pelo o método ABTS<sup>·+</sup> (2,2-azino-bis-(3-etil-benzotiazolina-6-ácido sulfônico)) foi realizado conforme metodologia acordo com Miller et al., (1993). Para o preparo da solução mãe 19,2 mg do radical ABTS<sup>·+</sup> foram dissolvidos em 5 mL de água deionizada e 88 µL de persulfato de potássio (0,0378g/mL), com posterior encubação no escuro a temperatura ambiente durante 16 h. O radical ABTS<sup>·+</sup> foi diluído em etanol até absorbância de  $0,70 \pm 0,02$  a 734 nm. Após a adição de 30 µL de extrato ou padrão em 2970 µL de solução trabalho de ABTS<sup>·+</sup>, homogeneização e repouso por 6 min, a absorbância foi medida a 734 nm. A curva de calibração foi feita utilizando trolox como padrão e os resultados foram expressos como mmol Equivalente Trolox (TE) /g de amostra.

##### *4.6.3 Atividade antioxidante pelo método de redução do ferro – FRAP*

A determinação da atividade antioxidante pelo o método FRAP (*Ferric Reducing Antioxidant Power*) foi feito de acordo com a metodologia descrita por Benzie e Strain (1996) e Thaipong et al., (2006) com algumas modificações. A solução de FRAP foi preparada misturando 25 ml de tampão de acetato 0,3M (pH 3,6), 2,5 mL de TPTZ 10  $\mu$ M e 2,5 mL de FeCl<sub>3</sub> .6H<sub>2</sub>O, em seguida, aquecida a 37°C antes de usar. Os Extratos (150  $\mu$ L) foram adicionados a 2,850 mL de solução de FRAP, e mantida em repouso por 30 min no escuro. As leituras foram feitas a 593 nm. Para realização da curva de calibração foi utilizado como padrão o Trolox como padrão e os resultados foram expressos como mmol Equivalente Trolox (TE) /g de amostra

#### 4.6.4 Capacidade de absorção do radical oxigênio (ORAC)

O procedimento ORAC (*Oxygen Radical Absorbance Capacity*) foi realizado através da metodologia proposta por Thaipong et al. (2006) com modificações. Foi utilizado um tampão fosfato 75 mM (pH 7,4) para preparar amostras e soluções Trolox. Em seguida foi adicionado em cada tubo 1,50 mL de solução de trabalho de fluoresceína (63 mmol/L) e 0,75 mL da amostra previamente diluída e encubada a 37° C por 15 minutos, e então adicionado 0,75 mL de solução de AAPH. A diminuição da fluorescência foi monitorada a cada 5 min durante 20 h, utilizando o programa Kinetics do equipamento Espectro Fluorímetro (SpectraMax M2) com fluorescência ( $\lambda$  excitação= 485nm e  $\lambda$  emissão= 520nm). Os resultados foram expressos como mmol Equivalente Trolox (TE)/ g de amostra.

### 4.7 Análises de compostos por cromatografia líquida

#### 4.7.1 Ácido Ascórbico por HPLC

O teor do ácido ascórbico foi determinado de acordo com a metodologia descrita por Vinci, Botre e Ruggieri (1995) e por Barcia et al. (2010), com modificações. Foram pesadas 1g da amostra triturada e homogeneizada, adicionados 5 mL de solução de ácido metafosfórico (4,5%), e deixado por 1 hora no shaker.

As amostras foram transferidas para tubos e centrifugadas a 7000 g, temperatura de 20 °C por 10 minutos e o sobrenadante foi filtrado em filtro de seringa PVDF (diâmetro 25 mm, poro 0,45 $\mu$ m) e transferido para um vial. As condições analíticas estão determinadas na Tabela 4.

**Tabela 4** - Condições cromatográficas para separação e identificação do ácido ascórbico.

<b>Características</b>	<b>Descrição</b>
Sistema	UFLC (Shimadzu LC-20AT)
Detector	DAD-UV VIS
Coluna	C18 Titan (5cm x 3mm, 1,9 µm) (Supelco)
Modo	Isocrático
Fase móvel	Água ultrapura acidificada com 0,1% Trifluoroacetic acid
Volume de injeção	3µL
Fluxo	0,2 mL/min
Comprimento de onda ( $\lambda$ )	243 nm

Fonte: Próprio autor.

#### 4.7.2 Determinação de ácidos orgânicos por HPLC-DAD

A extração e determinação dos ácidos orgânicos foram realizadas de acordo com o método proposto por Scherer, Rybka e Godoy. (2008) e LEE, Hyoung S. (1993), com modificações, onde foi pesado 1g da amostra, para 9 ml de fase móvel ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$  0,01M acidificado com ácido fosfórico até pH=2,6). As amostras foram direcionadas ao shaker por 2 horas a 180 rpm, numa temperatura de 28°C, e centrifugado a 12000 g por 15 min. O sobrenadante filtrado com filtro de seringa PVDF (diâmetro 25 mm, poro 0,45µm).

As condições analíticas para separação e identificação dos ácidos orgânicos estão descritas na Tabela 5.

**Tabela 5** - Condições cromatográfica para separação e identificação dos ácidos orgânicos.

<b>Características</b>	<b>Descrição</b>
Sistema	HPLC (Shimadzu LC-20AT)
Detector	DAD-UV VIS
Coluna	Kinetex 5u C18 100A (250x4,60 mm ID; 5µm ) phenomenex
Modo	Isocrático
Fase móvel	$\text{KH}_2\text{PO}_4$ 0,01M acidificado com ácido fosfórico até pH=2,6
Volume de injeção	10µL
Fluxo	1mL/min
Comprimento de onda ( $\lambda$ )	210 nm

Fonte: Próprio autor.

#### 4.7.3 Determinação dos açúcares por HPLC-RID

A metodologia utilizada para determinação dos açúcares foi realizada de acordo com Gomes et al. (2018). Foram pesados 5g da amostra e adicionados 15 ml de água milliQ. Em seguida, levou a mistura para o ultrassom por 30 minutos e sequencialmente centrifugou. O sobrenadante foi filtrado através de filtros de membrana de celulose de 0,45 µm (Millipore, Bedford, MA, USA) e injetado no cromatógrafo.

As condições cromatográficas que foram utilizadas estão demonstradas na Tabela 6.

**Tabela 6** - Condições cromatográficas para separação e identificação dos açúcares.

Características	Descrição
Sistema	HPLC (Shimadzu LC – 20AT)
Detector	RID 10A Shimadzu
Bomba	LC-20AD
Coluna	Supelcogel Ca (300 x 7,8 mm)
Modo	Isocrático
Fase móvel	Água ultrapura
Temperatura	80 °C
Fluxo	0,5 mL.min <sup>-1</sup>
Volume de injeção	10 µL
Tempo da corrida	40 min

Fonte: Próprio autor.

#### 4.7.4 Determinação de carotenoides por HPLC

A metodologia utilizada para extração dos carotenoides foi realizada de acordo com Gomes *et al.* (2018). Foram pesados 1g da amostra, dissolvido em 2 ml de acetona 100%. Em seguida, levou a mistura para o ultrassom por 30 minutos e sequencialmente centrifugou por 15 min a 12000 g. O sobrenadante foi filtrado através de filtros de membrana de celulose de 0,45 µm (Millipore, Bedford, MA, USA) e injetada no cromatógrafo.

As condições cromatográficas utilizadas para determinação de carotenoides foram realizadas segundo Oliveira et al, (2011) as mesmas estão demonstradas na Tabela 7.

**Tabela 7** - Condições cromatográficas para separação e identificação de carotenóides.

Características	Descrição
Sistema	HPLC (Shimadzu LC – 20AT)
Detector	DAD-UV VIS
Bomba	LC-20AD
Coluna	Kinetex C18 (250 x 4,6 mm, 5µm) Phenomenex

Modo	Isocrático
Fase móvel	Metanol/acetato de etila/acetonitrila (50:40:10)
Temperatura	40 °C
Fluxo	1mL.min <sup>-1</sup>
Volume de injeção	10 µL
Tempo da corrida	20 min
Comprimento de onda (λ)	454nm

Fonte: Próprio autor.

#### 4.7.5 Identificação e quantificação dos ácidos fenólicos por cromatografia líquida

O perfil cromatográfico para fenólicos foi realizado por cromatografia líquida UFLC Prominence (Shimadzu, Kyoto, Japan), equipado com desgaseificador (modelo, DGU-20 A3), composto por duas bombas quaternárias (modelo, LC-20AD), injetor automático (modelo, SIL-20A HT), detector de arranjos de diodos (DAD) (modelo, SPD-M20A), e controladora de dados (CBM-20A). Os dados foram processados pelo software LabSolutions. Os extratos hidroalcoólico obtidos das amostras de seriguela foram analisados quanto aos compostos fenólicos de acordo com a metodologia descrita por Murugan et al. (2016) com modificações. As condições analíticas estão apresentadas na Tabela 8.

**Tabela 8** - Condições cromatográficas para separação e identificação dos compostos fenólicos.

Características	Descrição
Sistema	UFLC (Shimadzu LC – 20AT)
Coluna	Kinetex C18 (250 cm x 4,60 mm, 5 µm) Phenomenex
Modo	Gradiente
Fase móvel	Água ultrapura acidificada (1% ác. acético) Acetonitrila acidificada (1% ác. acético)
Fluxo	0,6 mL / min
Volume de injeção	5 µL
Detector	DAD
Comprimento de onda (λ)	254nm, 274 nm, 326 nm, 365 nm

Fonte: Próprio autor.

O gradiente de injeção que foi utilizado nas fases A e B estão descritos na Tabela 9.

**Tabela 9** - Gradiente de injeção da fase móvel na separação de compostos fenólicos.

Tempo (minutos)	Fase A (%)	Fase B (%)
0-1	95	5
1-7	90	10
7-15	80	20
15-22	70	30
22-30	60	40
30-35	95	5

Fase A: água deionizada com 1 % de ácido acético e Fase B: acetonitrila com 1 % de ácido acético.

Fonte: próprio autor.

## **4.8 Análises Estatísticas**

Os valores dos resultados foram expressos como média  $\pm$  desvio-padrão. Os resultados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro–Wilk ( $p < 0,05$ ) e teste de homogeneidade das variâncias de Levene ( $p < 0,05$ ). Os dados paramétricos foram submetidos à Análise de Variância e teste de médias de Tukey ao nível de significância de 5%. Por sua vez, os dados não-paramétricos foram submetidos ao teste não-paramétrico de Kruskal–Wallis e ao teste de comparações múltiplas de Conover-Iman ao nível de significância de 5%.

As análises estatísticas foram realizadas no software XLSTAT (Addinsoft Inc., Paris, FR, 2016). As diferenças entre os teores de compostos bioativos dos extratos obtidos foram avaliadas por ANOVA seguido pelo teste de Tukey, sendo consideradas significativas diferenças com  $p < 0,05$ . A correlação entre os teores de compostos bioativos e sua atividade antioxidante foi avaliada por correlação de Pearson. A Análise de Componentes Principais (ACP) foi realizada pelo programa XLSTAT Trial Version (Addinsoft Inc., Paris, FR), baseada na correlação de Pearson ( $p \leq 0,05$ ) do conjunto de dados.

## **5. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **5.1 Caracterização física**

Inicialmente, foram realizadas as análises de medidas físicas como comprimento, diâmetro, massa e densidade dos frutos, Figura 6, escolhidos aleatoriamente, para a confirmação da classificação do estágio de maturação, assim como as análises de firmeza e cor.

**Figura 6** - Frutos de seriguelas nos três estágios de maturação para avaliação da caracterização física.



Fonte: Próprio autor.

Os resultados obtidos na caracterização física dos frutos de seriguela em diferentes estágios de maturação podem ser observados nas Tabelas 10 e 11.

**Tabela 10** - Características físicas dos frutos de Seriguela em diferentes estágios de maturação.

Parâmetros	Verde	De “vez”	Maduro
Massa (g)	15,91 ± 2,00 <sup>b</sup>	21,23 ± 1,50 <sup>a</sup>	22,94 ± 2,41 <sup>a</sup>
Comprimento (mm)	37,11 ± 2,98 <sup>b</sup>	43,01 ± 2,64 <sup>a</sup>	44,17 ± 2,43 <sup>a</sup>
Diâmetro (mm)	30,02 ± 3,59 <sup>b</sup>	36,21 ± 2,88 <sup>a</sup>	38,02 ± 2,43 <sup>a</sup>
Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	1,02 ± 0,08 <sup>a</sup>	0,98 ± 0,03 <sup>a</sup>	0,96 ± 0,04 <sup>a</sup>
Firmeza (N)	7,84 ± 0,50 <sup>a</sup>	5,73 ± 1,37 <sup>b</sup>	2,70 ± 0,74 <sup>c</sup>

\*Médias seguidas de letras iguais sobrescritas na mesma linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

O amadurecimento dos frutos está associado a várias mudanças bioquímicas que modificam a cor, textura, sabor e outras características de qualidade (MALDONADO ASTUDILLO et al., 2014).

Conforme os dados apresentados na Tabela 10, verifica-se que o resultado referente a massa dos frutos variou de 15,91 a 22,94 g para os estágios verde ao maduro, respectivamente, não havendo diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) entre os estágios de “vez” e maduro, sendo

esses valores superiores ao encontrado por Omena et al. (2008). Vargas-Simon (2018), relata que frutos de seriguela podem variar de 4 a 43,2 g dependendo da origem dos frutos. No estudo de Filgueiras et al. (2001) o autor relatou que a massa aumentou de 13,62 g no estágio verde a 15,91 g quando predominantemente maduro. O mesmo autor também relatou que o comprimento e a largura dos frutos foram maiores em frutos maduros.

Quanto ao comprimento e diâmetro dos frutos, observa-se que houve um aumento durante o amadurecimento, no entanto, não houve diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) entre os estágios de “vez” e maduro. O comprimento variou de 37,11 a 44,17 mm e o diâmetro de 30,02 a 38,02 mm. O que indicam que eles apresentam formatos ovoides sendo características dessa espécie. Os resultados foram superiores ao encontrados por Freire et al. (2011) que observou variação de 30,82 mm a 34,85 mm de comprimento e 22,34 e 26,56 mm de diâmetro em diferentes estágios de maturação de seriguelas coletadas no estado da Paraíba. Em contrapartida, no estudo realizado por Alia-Tejacal et al. (2012) com frutos de seriguela coletado em várias regiões do México, relatam variação na massa entre 4,00 e 43,20 g e comprimento de 20,0 a 46,40 mm. A massa e o tamanho são características físicas utilizadas como atributos de qualidade para seleção e classificação dos produtos de acordo com o mercado consumidor (Chitarra e Chitarra, 2005), por isso a importância de se avaliar esses parâmetros. Em geral, com base nesses dados pode-se observar que os frutos correspondem a um aumento no decorrer da maturação, momento em que as seriguelas apresentaram os maiores valores de massa e tamanho.

Em relação à densidade percebe-se que o valor médio obtido entre os frutos analisados foram de 1,02 a 0,96 g/cm<sup>3</sup> para os estágios de maturação verde e maduro, respectivamente, verificando a diminuição da densidade com o avanço da maturação. A densidade adequada para a colheita de frutos em geral situa-se entre 0,98 e 1,02 g/cm<sup>3</sup>, sendo assim os resultados encontrados estão de acordo com a literatura (NOGUEIRA et al, 2002).

Quanto à análise de firmeza, os frutos apresentaram declínio durante a maturação. O valor de firmeza variou de (7,84 N) no fruto verde, (5,73 N) no fruto de “vez” e (2,70 N) no maduro. Tendência semelhante apresentada por Maldonado Astudillo et al., (2014) onde a perda de firmeza variou de (5,16 N) no verde e (2,66 N) no fruto maduro. A redução da firmeza é causada pela perda de turgor, gerada pela transpiração, e pela degradação da parede celular através da ação de enzimas de parede celular, que levam ao amaciamento do fruto (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

A cor é um atributo importante na determinação do estágio de maturação em muitos frutos (GONÇALVES et al., 2007), pois a coloração é um importante atributo de qualidade,

visto que, contribui para uma boa aparência, além de influenciar na preferência do consumidor. A Tabela 11 apresentam os parâmetros colorimétricos realizados no epicarpo dos frutos de seriguela verde, de “vez” e maduro.

**Tabela 11** - Resultados dos parâmetros colorimétricos de seriguela nos estágios de maturação verde, de “vez” e madura.

Seriguela	L **	a *	b **	C **	°h **
Verde	51,70 ± 0,22 <sup>a</sup>	-5,55 ± 0,03 <sup>c</sup>	32,43 ± 0,13 <sup>a</sup>	32,90 ± 0,13 <sup>a</sup>	99,71 ± 0,00 <sup>a</sup>
De vez”	36,56 ± 5,67 <sup>b</sup>	15,67 ± 0,25 <sup>b</sup>	16,32 ± 3,91 <sup>b</sup>	22,72 ± 2,89 <sup>b</sup>	45,57 ± 7,00 <sup>b</sup>
Madura	31,96 ± 4,49 <sup>b</sup>	21,96 ± 1,53 <sup>a</sup>	11,81 ± 2,02 <sup>b</sup>	24,95 ± 2,32 <sup>b</sup>	28,14 ± 2,32 <sup>c</sup>

Valores médios ± desvio padrão de determinações em triplicata.

\* Médias seguidas de letras iguais sobrescritas na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis ( $p \leq 0,05$ ).

\*\* Médias seguidas de letras iguais sobrescritas na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

De acordo com os valores da coordenada L<sup>\*</sup>, a qual representa a luminosidade, observa-se que o fruto no estágio de maturação verde apresentou uma maior luminosidade com 51,70, apresentando diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) em relação aos demais estágios, ocorrendo uma diminuição dos valores à medida que os frutos amadureceram (36,56 frutos de “vez” e 31,96 (frutos maduros).

Para a coordenada a<sup>\*</sup>, verifica-se que as seriguelas no estágio de maturação verde apresentaram valor negativo (-5,55), enquanto os frutos de “vez” e maduro resultaram em valores positivos (15,67 e 21,96), respectivamente, ou seja, tendendo para a coloração avermelhada, o que indica a transição da maturação dos frutos, haja vista, que essa mudança de cor está relacionada à maturação do fruto com a perda de clorofila que mascara a cor dos pigmentos carotenoides.

Para o parâmetro b<sup>\*</sup>, que representa a transição dos tons azul (valores negativos) para os amarelos (valores positivos), os resultados obtidos apresentam um declínio a partir do estágio verde com 32,43 para o maduro com 11,81 decorrentes do provável aumento do teor de carotenoides. A cor do epicarpo da seriguela está intimamente ligada ao metabolismo da clorofila (verde), carotenoides (amarelo-vermelho) e de polifenóis (vermelho-azul) que, por sua vez, confere as propriedades antioxidantes deste fruto (MALDONADO ASTUDILLO et al., 2017).

Em relação aos parâmetros Chroma e ângulo hue (°h), os valores foram decrescendo; nota-se que as seriguelas verdes apresentaram maior valor de Chroma em relação aos demais estágios, assim como o °h, o qual variou de 99° a 28° para os frutos verdes e maduros,

respectivamente, demonstrando que as tonalidades dos frutos nos estágios de maturação verde eram mais amareladas e à medida que as seriguelas amadureciam a coloração tendeu para o vermelho. Isso acontece devido ao aumento da tonalidade dos frutos ao longo do processo de amadurecimento, do verde claro ao maduro. Esta perda da cor verde com o avanço da maturação pode estar relacionada com baixo conteúdo de antocianinas, posteriormente sendo substituída por outros pigmentos. Essas características são observadas na maioria dos frutos do gênero *Spondias*, os quais foram relatados por outros autores, seriguela (MALDONADO ASTUDILLO et al., 2017), cajá (MOURA et al., 2003), umbu (SILVA et al., 2011; Moura et al., 2013).

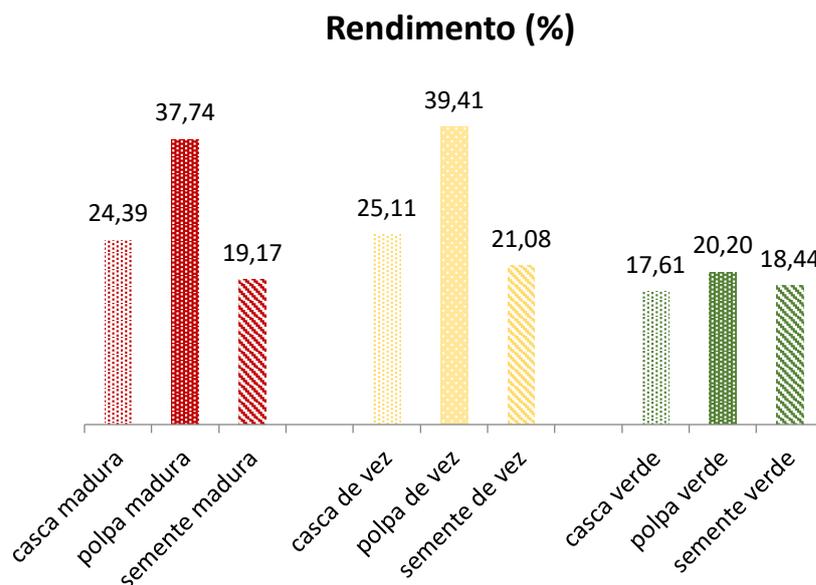
## 5.2 Caracterização físico-química

Após a caracterização física dos frutos, foi realizado o despulpamento, sendo determinado o rendimento das frações do fruto: casca, polpa e semente em porcentagem (Figura 7).

Através dos dados das proporções das frações dos frutos (%), verificou-se que a polpa representou o maior percentual nos três estágios de maturação em relação à casca e semente, o que está de acordo com os estudos de Sacramento (1998) e Filgueiras et al. (2001) ao realizarem a caracterização de seriguelas observaram um maior rendimento do fruto na fração da polpa com valores médio de 85,13% e 70,25%, respectivamente. Observa-se ainda, que à medida que as seriguelas se desenvolvem a polpa tende a aumentar. De acordo com Chitarra e Chitarra (2005), o rendimento de um fruto é um parâmetro de qualidade importante para a indústria, o qual é obtido pela proporção entre casca, polpa e a semente.

Contudo, as cascas e as sementes juntas representam mais de 50% da massa do fruto total, o que implica dizer que este percentual é muito grande para ser desperdiçado e assim, o conhecimento dos constituintes fitoquímicos nas diferentes partes do fruto poderá contribuir para um melhor aproveitamento na indústria de processamento dos diversos segmentos como alimentícia e farmacêutica.

**Figura 7-** Proporções das frações da casca, polpa e semente nos diferentes estágios de maturação.



Fonte: Próprio autor.

Na Tabela 12 estão apresentadas as análises de caracterização físico-química em todas as partes da seriguela, sendo a casca e a polpa analisadas na forma *in natura*, enquanto a semente foi realizada na amostra seca (desidratada e triturada). Todas as amostras foram analisadas nos três estágios de maturação, a saber, verde, de “vez” e maduro.

A determinação do teor de umidade é uma técnica analítica importante na caracterização do alimento, visto que, está diretamente ligada com a qualidade, composição e estabilidade, comprometendo principalmente a estocagem, o processamento e embalagens dos alimentos (Chaves et al., 2004). De acordo com a Tabela 12 pode-se observar que os teores de umidade apresentaram diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre as partes do fruto e nos diferentes estágios de maturação. Dentre as partes do fruto a polpa e a casca apresentaram maior valor de umidade com o aumento da maturação com teores variando entre 78,87% na polpa verde a 88,30% na polpa madura, enquanto as cascas apresentaram valores de 76,43% a 83,06% para os estágios verdes e maduros, respectivamente. Quanto às sementes apresentaram um baixo teor de umidade variando de 6,77% (De “vez”) a 7,66% (verde). Fato este devido à etapa de desidratação das sementes, proporcionando um baixo conteúdo de água, como pode ser observado também em relação à atividade de água que variou de 0,43 a 0,48 para as amostras de sementes em comparação as amostras de polpa e casca que variou entre 0,980 a 0,988%, indicando uma alta atividade de água e assim contribuindo para um meio favorável a alterações bioquímicas e químicas, além da proliferação de microrganismo, contudo tornando um produto perecível e conseqüentemente, exigindo maiores cuidados para sua conservação.

De acordo com resultados demonstrados na Tabela 12, o teor de sólidos solúveis totais (SST) encontrados neste trabalho aumentaram com o avanço da maturação em todas as partes da fruta, variando de 4,88 °Brix para a semente De “vez” a 15,98 °Brix para semente madura, concordando com Sampaio, Bora e Holschuh (2008), assim como por Maldonado Astudillo et al., (2017), onde os autores encontraram valores entre a faixa de variação de 7,7 a 15,7 ° Brix durante o processo de maturação de frutos de seriguela, corroborando com os achados desse estudo. De acordo com Chitarra e Chitarra (2005), durante a maturação o teor de sólidos solúveis tende a aumentar devido à biossíntese de açúcares solúveis ou a degradação de polissacarídeos, enquanto que a acidez diminui com o avanço da maturação.

**Tabela 12** - Caracterização físico-química da polpa, casca e semente da seriguela nos estágios de maturação verde, de “vez” e maduro.

Parâmetros	Polpa			Casca			Semente (desidratada)		
	Verde	De “vez”	Madura	Verde	De “vez”	Madura	Verde	De “vez”	Madura
<b>Umidade (%)**</b>	78,87 ± 0,88 <sup>e</sup>	87,41 ± 0,01 <sup>b</sup>	88,30 ± 0,09 <sup>a</sup>	76,43 ± 0,81 <sup>f</sup>	81,44 ± 0,25 <sup>d</sup>	83,06 ± 0,23 <sup>c</sup>	7,66 ± 0,15 <sup>g</sup>	6,77 ± 0,40 <sup>i</sup>	7,34 ± 0,09 <sup>h</sup>
<b>Atividade de água (A<sub>w</sub>)**</b>	0,988 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,987 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,980 ± 0,00 <sup>bc</sup>	0,987 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,987 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,982 ± 0,00 <sup>b</sup>	0,480 ± 0,00 <sup>cd</sup>	0,432 ± 0,01 <sup>e</sup>	0,463 ± 0,00 <sup>de</sup>
<b>Sólidos solúveis (° Brix)**</b>	7,96 ± 0,05 <sup>e</sup>	9,34 ± 0,21 <sup>d</sup>	14,41 ± 0,14 <sup>b</sup>	7,91 ± 0,15 <sup>e</sup>	9,48 ± 0,21 <sup>d</sup>	13,49 ± 0,24 <sup>c</sup>	5,07 ± 0,12 <sup>f</sup>	4,88 ± 0,07 <sup>f</sup>	15,98 ± 0,82 <sup>a</sup>
<b>Acidez (% ác. Cítrico)*</b>	0,89 ± 0,01 <sup>e</sup>	1,21 ± 0,09 <sup>b</sup>	0,94 ± 0,01 <sup>de</sup>	0,88 ± 0,05 <sup>e</sup>	0,99 ± 0,03 <sup>de</sup>	0,88 ± 0,02 <sup>e</sup>	1,36 ± 0,05 <sup>a</sup>	1,05 ± 0,03 <sup>cd</sup>	1,16 ± 0,01 <sup>bc</sup>
<b>pH**</b>	3,33 ± 0,03 <sup>h</sup>	3,42 ± 0,01 <sup>g</sup>	3,44 ± 0,00 <sup>f</sup>	3,57 ± 0,00 <sup>d</sup>	3,71 ± 0,03 <sup>b</sup>	3,87 ± 0,02 <sup>a</sup>	3,47 ± 0,01 <sup>e</sup>	3,42 ± 0,00 <sup>g</sup>	3,59 ± 0,00 <sup>c</sup>
<b>Ratio (SS/AT)</b>	0,44 ± 0,03 <sup>c</sup>	0,65 ± 0,01 <sup>b</sup>	1,06 ± 0,02 <sup>a</sup>	0,53 ± 0,01 <sup>c</sup>	0,71 ± 0,03 <sup>b</sup>	1,01 ± 0,04 <sup>a</sup>	0,32 ± 0,01 <sup>d</sup>	0,26 ± 0,02 <sup>e</sup>	0,79 ± 0,09 <sup>b</sup>
<b>Cinzas (%)*</b>	0,81 ± 0,00 <sup>c</sup>	0,75 ± 0,03 <sup>cd</sup>	0,65 ± 0,03 <sup>d</sup>	1,12 ± 0,05 <sup>b</sup>	1,33 ± 0,01 <sup>a</sup>	1,33 ± 0,03 <sup>a</sup>	1,11 ± 0,08 <sup>b</sup>	1,11 ± 0,04 <sup>b</sup>	1,18 ± 0,01 <sup>b</sup>
<b>Lipídeos (%)*</b>	0,14 ± 0,04 <sup>e</sup>	0,10 ± 0,01 <sup>e</sup>	0,27 ± 0,10 <sup>d</sup>	0,07 ± 0,02 <sup>e</sup>	0,07 ± 0,03 <sup>e</sup>	0,07 ± 0,02 <sup>e</sup>	0,97 ± 0,04 <sup>b</sup>	1,16 ± 0,04 <sup>a</sup>	0,76 ± 0,08 <sup>c</sup>
<b>Proteínas (%)**</b>	1,65 ± 0,03 <sup>e</sup>	2,24 ± 0,07 <sup>c</sup>	2,21 ± 0,02 <sup>c</sup>	1,22 ± 0,07 <sup>f</sup>	1,62 ± 0,05 <sup>e</sup>	1,94 ± 0,05 <sup>d</sup>	3,81 ± 0,12 <sup>b</sup>	4,39 ± 0,18 <sup>a</sup>	4,58 ± 0,31 <sup>a</sup>

Valores médios ± desvio padrão de determinações em triplicata.

\* Médias seguidas de letras iguais sobrescritas na mesma linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

\*\* Médias seguidas de letras iguais sobrescritas na mesma linha, não diferem entre si pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis ( $p \leq 0,05$ ).

SS/AT – Sólidos solúveis / acidez titulável

Nota-se que, de forma geral, a polpa e a casca apresentaram maior concentração de SST, exceto para semente no estágio maduro, o que pode estar relacionado com o despolpamento, tendo em vista, que foi realizado de forma manual e por isso, apresentou uma maior concentração de polpa aderida à semente.

Quanto à acidez titulável, os valores médios encontrados variaram de 0,88 a 1,36% expresso em ácido cítrico, sendo que o teor de acidez aumentou em relação aos frutos no estágio de maturação verde para de “vez”, no entanto ocorrendo um decréscimo para os frutos maduros, com exceção da semente que apresentou um comportamento contrário. Conforme observado na Tabela 12, estatisticamente a semente da seriguela no estágio de maturação verde apresentou maior acidez (1,36% de ácido cítrico), seguido da polpa de “vez” (1,21% de ácido cítrico) enquanto os menores valores foram verificados para a polpa de seriguela verde (0,89% de ácido cítrico) e para a casca nos estágios verde e maduro (0,88 e 0,88% de ácido cítrico), respectivamente, não diferindo estatisticamente ( $p > 0,05$ ). Em estudos com frutos do gênero *Spondias* (seriguela e cajá), Maldonado-Astudillo et al. (2014) observaram que a acidez titulável de seriguelas variaram entre os diferentes estados brasileiros como, Ceará (0,6 a 0,9% de ácido cítrico), Paraíba (0,38 a 1,17% de ácido cítrico), Pernambuco (0,7 a 1,1% de ácido cítrico), assim como em regiões do México variando entre 0,01 a 2% de ácido cítrico. Nesse sentido, a acidez titulável determinado nesse trabalho para os diferentes tratamentos estão dentro da faixa encontrado pelo autor, onde é possível concluir que o teor de acidez da seriguela é baixo, o que contribui para que o seu pH seja maior, o qual variou de 3,33 a 3,87, contudo o pH apresentou pequena variação entre os tratamentos apesar de estatisticamente houver diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ), comportamento também observado no estudo de Neris et al. (2017), onde o pH não diferiram de maneira acentuada entre a casca e polpa obtidas de diferentes localidades. De acordo com a Tabela 12, o valor de pH é ligeiramente mais elevado no estágio maduro na fração da casca, o que é confirmado pelo sabor ácido da fruta, enquanto a polpa apresentou menor valor, observando um aumento do pH durante o amadurecimento concordando com o descrito por Freitas et al. (2011) que observaram valores médios de 2,63 a 3,3 dentre os estágios de maturação verde ao maduro.

A relação entre sólidos solúveis e a acidez titulável (SS/AT) é utilizada como indicativo para estabelecer o índice de colheita de alguns frutos, indicando a doçura para seleção de uma melhor matéria-prima, ou seja, quanto maior for à razão SS/AT, mais doce serão as frutas

(Pereira et al, 2009). Com base nisso, os valores do ratio (SS/AT), Tabela 12, apresentaram acréscimo durante a maturação em todas as partes do fruto de seriguela, pois o mesmo aumenta quando há decréscimo de acidez e alto conteúdo de sólidos solúveis, o que significa que o fruto no estágio maduro está em bom grau de maturação.

Os valores de cinzas é resultado da queima total da matéria orgânica, e os resíduos restantes são denominados como inorgânicos, em virtude da eliminação dos constituintes voláteis, quando submetidos a altas temperaturas, correspondendo à quantia de minerais presentes (Neris et al., 2017). Na tabela 12 os valores médios encontrados para cinzas, variaram de 0,65 a 1,33%, apresentando diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre as diferentes partes do fruto. Na casca de seriguela de “vez” e madura foi à fração que apresentou os maiores resultados não diferindo estatisticamente ( $p > 0,05$ ), corroborando com Gondim et al. (2005), o qual enfatiza que os maiores teores de cinzas se encontram nas cascas de frutas em comparação a parte comestível. De modo geral, as cascas e sementes da seriguela apresentaram maiores teores de minerais em relação à polpa, concordando com o descrito por Neris et al. (2017) que dentre as partes do fruto a casca é que contém teor de cinza mais elevado.

Como pode ser verificado na Tabela 12, o conteúdo de lipídeos variou de 0,07 a 1,16%, estatisticamente, a semente apresentou o maior teor com destaque para a porção no estágio de maturação de “vez” com 1,16%. Em relação à casca e a polpa e entre os estágios de maturação não houve diferença estatística ( $p > 0,05$ ), exceto para a polpa madura que se sobressaiu em relação aos demais com 0,27% do conteúdo lipídico.

Nos valores obtidos para proteínas, a semente foi a que apresentou maior teor variando entre 3,81 a 4,58%, no entanto não diferiram estatisticamente ( $p > 0,05$ ), quanto às demais porções o teor de proteína aumentou em decorrência da maturação de 1,65 a 2,21% para a polpa e 1,22 a 1,94% para amostras de casca. Valores encontrados também por Villa-Hernández e colaboradores (2008), o qual estudaram as variedades cultivadas de *Spondias purpurea* L. Assim como os lipídios, as proteínas estão presentes em baixas concentrações na maioria das frutas e vegetais, fornecem pouca proteína, corroborando ao encontrado nesse estudo.

### 5.3. Determinação de carotenoides e clorofila

Uma das características da maturação dos frutos vermelhos é a mudança da cor verde à vermelha inicial, isso se dá pelo acúmulo de antocianinas, carotenoides e pela degradação da clorofila (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Conforme a Tabela 13, a determinação de carotenóides variou de 4,72 a 49,65  $\mu\text{g } \beta\text{-carotene/ g}$ , sendo que para todas as amostras as médias diferiram significativamente entres as partes dos frutos, assim como dentre os estágios de maturação. O maior teor de carotenoides totais foi encontrado nas cascas (22,57 a 49,65  $\mu\text{g } \beta\text{-carotene/ g}$ ), em seguida das sementes (18,08 a 27,18  $\mu\text{g } \beta\text{-carotene/ g}$ ) e com menor conteúdo nas polpas (4,72 a 14,64  $\mu\text{g } \beta\text{-carotene/ g}$ ). Resultados semelhantes foram relatados por Maldonado-Astudillo et al. (2014) e Rodriguez-Amaya, (1999), em frutos de seriguela e cajá, respectivamente. Moreira (2011) verificou valores em média de 6,67 a 11,44  $\mu\text{g } \beta\text{-carotene/ g}$  em polpa de cajá, enquanto que Tiburski et al. (2011) encontraram o valor de 48,69 na polpa de cajá  $\mu\text{g } \beta\text{-carotene/g}$ .

**Tabela 13-** Teor de carotenoides e clorofila totais de polpa, casca e semente, de diferentes estágios de maturação de seriguela.

<b>Amostra</b>	<b>Carotenoides totais (<math>\mu\text{g } \beta\text{-carotene/ g}</math>)</b>	<b>Clorofila (<math>\mu\text{g/ g}</math>)</b>
<b>Polpa</b>		
verde	7,00 $\pm$ 0,35 <sup>h</sup>	12,77 $\pm$ 1,12 <sup>de</sup>
De “vez”	4,72 $\pm$ 0,38 <sup>i</sup>	6,38 $\pm$ 6,88 <sup>e</sup>
madura	14,64 $\pm$ 0,10 <sup>g</sup>	6,65 $\pm$ 0,93 <sup>e</sup>
<b>Casca</b>		
verde	22,57 $\pm$ 0,33 <sup>e</sup>	38,43 $\pm$ 3,80 <sup>a</sup>
De “vez”	25,43 $\pm$ 0,15 <sup>c</sup>	25,65 $\pm$ 2,98 <sup>bc</sup>
Madura	49,65 $\pm$ 0,31 <sup>a</sup>	21,45 $\pm$ 2,42 <sup>c</sup>
<b>Semente</b>		
verde	24,26 $\pm$ 0,29 <sup>d</sup>	29,56 $\pm$ 1,98 <sup>ab</sup>
De “vez”	18,08 $\pm$ 0,38 <sup>f</sup>	18,33 $\pm$ 3,59 <sup>cd</sup>
Madura	27,18 $\pm$ 0,16 <sup>b</sup>	23,17 $\pm$ 1,46 <sup>bc</sup>

Os valores foram expressos em médias  $\pm$  desvio padrão (triplicata). Médias seguidas de letras iguais, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de Probabilidade.

Fonte: Próprio autor.

Com relação à maturação, todas as partes dos frutos no seu estágio maduro apresentaram um maior teor de carotenoides, isso acontece pela evidência da cor avermelhada dos frutos maduros que é resultado do acúmulo de antocianinas e da diminuição no teor de clorofila (KERBAUY, 2012). Com o avanço da maturação a colocação verde diminui e isso ocorre em razão da degradação da clorofila, as quais são pigmentos verdes comuns em toda células fotossintéticas, mas sua abundancia varia de acordo com a espécie (STREIT et al, 2005). O teor de clorofila na seriguela variou de 6,38 a 38,43  $\mu\text{g/g}$ , apresentando diferença significativa entre as partes e maturação dos frutos. O maior teor de clorofila foi encontrado na casca verde com 38,43  $\mu\text{g/g}$ , em seguida, a semente e polpa com 29,56  $\mu\text{g/g}$  e 12,77  $\mu\text{g/g}$ , respectivamente. Conforme os resultados (Tabela 13), os teores de clorofila diminuíram com a maturação em todas as partes do fruto. A degradação da clorofila ocorre em função das mudanças no pH, liberação dos ácidos orgânicos, no aumento dos processos oxidativos e da ação das clorofilases (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Segundo Rodriguez-Amaya (1999), o teor de carotenoides e clorofila das frutas e vegetais de uma mesma espécie pode ser afetado por uma série de fatores como o grau de maturação, o tipo de solo e as condições de cultivo, as condições climáticas, a variedade dos vegetais, a parte da planta consumida, o efeito dos agrotóxicos, a exposição à luz solar, processamento e estocagem.

#### **5.4. Determinação do teor de taninos condensados (TC) e hidrolisáveis (TH)**

Os taninos são compostos presentes em vegetal, frutas, alimentos e bebidas, principalmente na cerveja, chá e vinho e está sensorialmente ligada a adstringência de certos frutos, além de apresentarem ação antioxidante (Pansera et al., 2003). Os taninos são formados a partir dos ácidos carboxílicos, fenólicos e dos açúcares e são classificados em dois grupos, hidrolisáveis e condensados (AGUILAR e GUTIÉRREZ-SÁNCHEZ 2001). Os resultados para os taninos presente em frutos de seriguela estão apresentados na Tabela 14.

**Tabela 14** - Teor de taninos condensados e hidrolisáveis na polpa, casca e semente nos diferentes estágios de maturação de seriguela.

<b>Amostra</b>	<b>Taninos Condensados (mg Catequina/ g)</b>	<b>Taninos Hidrolisáveis (mg Ác. Tânico/ g)</b>	<b>Taninos Total (mg/ g)</b>
<b>Polpa</b>			
verde	310,84 ± 13,70 <sup>f</sup>	0,81 ± 0,04 <sup>f</sup>	311,65 ± 0,04 <sup>f</sup>
De “vez”	326,71 ± 0,52 <sup>ef</sup>	1,01 ± 0,05 <sup>f</sup>	327,72 ± 0,05 <sup>f</sup>
madura	326,29 ± 5,52 <sup>ef</sup>	1,67 ± 0,11 <sup>d</sup>	327,97 ± 0,11 <sup>f</sup>
<b>Casca</b>			
verde	673,88 ± 24,27 <sup>a</sup>	4,68 ± 0,27 <sup>c</sup>	678,56 ± 0,27 <sup>a</sup>
De “vez”	460,66 ± 6,34 <sup>d</sup>	1,19 ± 0,03 <sup>ef</sup>	461,85 ± 0,03 <sup>d</sup>
Madura	516,01 ± 17,52 <sup>c</sup>	1,56 ± 0,10 <sup>de</sup>	517,57 ± 0,10 <sup>c</sup>
<b>Semente</b>			
verde	558,42 ± 3,68 <sup>b</sup>	6,97 ± 0,32 <sup>b</sup>	565,39 ± 0,32 <sup>b</sup>
De “vez”	641,68 ± 13,75 <sup>a</sup>	8,15 ± 0,05 <sup>a</sup>	649,82 ± 0,05 <sup>a</sup>
Madura	360,53 ± 3,51 <sup>e</sup>	4,63 ± 0,11 <sup>c</sup>	327,16 ± 0,11 <sup>e</sup>

Os valores foram expressos em médias ± desvio padrão (triplicata). Médias seguidas de letras iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis ( $p \leq 0,05$ ). Fonte: Próprio autor.

Para os taninos condensados e hidrolisáveis pode observar diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre as partes do fruto assim também como no estágio de maturação com exceção da polpa que teve pequena diferença significativa (Tabela 14). A maior quantidade de taninos está presente na semente e casca nos dois grupos de taninos. A perda ou diminuição da adstringência é a principal mudança que ocorre durante o amadurecimento dos frutos. Fato que pode estar associado, ou não, a redução do conteúdo de taninos. Frutas como caqui (*Diospiros kako*) e o cajú (*Anacardium occidentale*), são adstringentes mesmo quando maduros (HASLAM e LILLEY, 1988).

A maior concentração de taninos condensados está presente nas cascas e sementes e menor concentração nas polpas. Na casca verde se concentra a maior quantidade de taninos com 673,88 mg TC/ g de amostra em seguida nos frutos maduro com 516,01 mg TC/ g. Nas sementes a maior concentração foi no estágio de “vez” e em seguida, nas sementes no estágio de maturação verde com 641,68 mg TC/ g e 558,42 mg TC/ g. Para a polpa, a concentração de taninos condensados variaram de 310,84 a 326,71 mg TC/ g. De maneira geral, os taninos condensados estão presentes em todas as partes do fruto de seriguela em quantidade bem maior, comparado com os taninos hidrolisáveis. Em estudos com *Spondias* autores relataram a presença de taninos

condensados como, Moreira et al. (2012) que relataram nos frutos de cajá-umbu concentrações que variaram de 4,28 a 4,82mg TC/ g. Em outro estudo Mattietto et al. (2010) encontraram 2,99 mg TC/ g em polpa de cajá, o que evidencia que a seriguela é uma fruta rica nesse composto quando comparado as demais espécies desse gênero.

Os taninos hidrolisáveis a maior concentração foi encontrada na semente de “vez” com 8,15 mg TH/ g decrescendo para o estágio maduro com 4,63 mg TE/ g. Na casca, o maior teor de taninos hidrolisáveis foi maior para casca verde com 4,68 mg TH/ g, decrescendo durante a maturação. Diferentemente, na polpa ocorreu um aumento da concentração, apresentando um teor de 0,81 mg TH/ g para a polpa no estágio de maturação verde aumentando para a 1,67 mg TH/ g para a polpa madura.

De forma geral, a maior concentração dos taninos totais está concentrada nas cascas e sementes, destacando o estágio de maturação verde, o que contribui para a sensação de adstringência, a estar relacionada à presença de taninos, acumulados mais intensamente em frutos verdes para atuar como substâncias de defesa (KERBAUY, 2012). Além disso, os taninos são potentes antioxidantes que podem proteger as células da pele contra radicais livres causados pela exposição aos raios ultravioleta, reduzindo assim os riscos de câncer prematuro (SVOBODOVA et al., 2003).

## **5.5. Avaliação do efeito do solvente e o estágio de maturação na obtenção de compostos fenólicos**

Para um melhor conhecimento da matéria-prima e a obtenção de maior conteúdo fenólico, inicialmente foi avaliado o efeito do tipo de solvente e os estádios de maturação da seriguela, de forma independente, sendo submetidos à determinação dos teores de fenólicos, flavonóides totais e atividade antioxidante utilizando diferentes ensaios.

### *5.5.1 Efeito do tipo de solvente de extração*

A extração é usada para isolamento de compostos polifenóis e antioxidantes, O rendimento da extração e a atividade antioxidante dos extratos são fortemente dependentes do tipo de solvente utilizado, devido a diferente polaridade de cada composto (MOURE et al.,

2001), e por isso é necessário estudo comparativo para avaliar o tipo de solvente ideal que forneça melhor desempenho para cada substrato.

As amostras de seriguela foram submetidas a dois tipos de extrações, utilizando solventes distintos (álcool etílico 46,49% acidificado e água ultrapura), com a finalidade de determinar qual seria o melhor solvente extrator. A Tabela 15 apresenta o efeito do solvente nas extrações de compostos fenólicos, flavonoides totais e atividade antioxidante através dos ensaios (DPPH<sup>·</sup>, ABTS<sup>·+</sup>, FRAP e ORAC) em extrato de seriguela (*Spondias purpúrea* L.) de forma independente ao estágio de maturação.

**Tabela 15** - Efeito dos solventes no conteúdo de compostos fenólicos, flavonóides totais e atividade antioxidante em extratos de seriguela.

Extração	Fenólicos mg EAG/100g	Flavonóides mg EQ/100g	Atividade Antioxidante (mmol TE/g)			
			ABTS <sup>·+</sup>	DPPH <sup>·</sup>	FRAP	ORAC
Hidroalcoólica	4475,36 <sup>a</sup>	705,13 <sup>a</sup>	119,84 <sup>b</sup>	248,51 <sup>a</sup>	16,77 <sup>b</sup>	37,60 <sup>a</sup>
Aquosa	2404,37 <sup>b</sup>	290,62 <sup>b</sup>	129,53 <sup>a</sup>	12,78 <sup>b</sup>	163,35 <sup>a</sup>	4,03 <sup>b</sup>

Os valores foram expressos em médias  $\pm$  desvio padrão (triplicata). Médias seguidas de letras iguais, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de Probabilidade. Fonte: Próprio autor.

De acordo com os resultados apresentado na Tabela 15 observa-se que os solventes apresentaram conteúdo variável de fenólicos e flavonóides totais com 4475,36 mg EAG/100 g base úmida e 705,13 mg EQ/100 g base úmida para o extrato hidroalcoólico e 2404,37 mg EAG/100 g base úmida e 290,62 mg EQ/100 g base úmida para o extrato aquoso, respectivamente. Analisando a eficiência de extração dos solventes utilizados, percebe-se que a solução contendo quase 50% de etanol em meio acidificado apresentou melhor poder extrator de compostos fenólicos e flavonóides em comparação com água pura. O que já era esperado, pois solventes com alta polaridade, como a água, não apresentam resultados satisfatórios na recuperação de substâncias fenólicas (Liu et al., 2000). Esses resultados também evidenciam que os compostos presentes na seriguela apresentam menor polaridade e, portanto, são mais lipofílicos. Conforme, Rodríguez-Carpena et al., (2011) enfatizam que a estrutura química e particularmente a polaridade dos compostos fenólicos em cada matriz vegetal é determinante na capacidade e eficiência do solvente na extração. Além disto, o conteúdo desses compostos pode variar de acordo com o tempo, temperatura da extração, assim como outras variáveis como as

condições climáticas, estágio de maturação, cultivo, processamento e método de extração (VILLA-RODRÍGUEZ et al., 2010).

Conforme a literatura, sabe-se que existem diversos ensaios para a determinação da atividade antioxidante e com base no objetivo de avaliar diferentes soluções extratoras de uma matriz alimentar é recomendado à utilização de diferentes ensaios, sendo os mais apropriados para avaliação de efeito de solventes são, DPPH<sup>·</sup>, ABTS<sup>·+</sup>, FRAP e ORAC (PÉREZ-JIMÉNEZ E SAURA-CALIXTO, 2006).

Quanto à atividade antioxidante mostrados na Tabela 15, verificaram-se diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre os solventes nos diferentes ensaios. Nos métodos de DPPH<sup>·</sup> e ORAC, o extrato hidroalcoólico apresentou maior atividade antioxidante com 248,51 mmol TE/g e 37,60 mmol TE/g, respectivamente.

Em relação às atividades analisadas pelo radical ABTS<sup>·+</sup> e FRAP obteve um melhor resultado utilizando como solvente a água. Segundo Capanoglu et al. (2018) a determinação da atividade antioxidante em extratos de matrizes alimentares como frutas e vegetais altamente pigmentados e hidrofílicos são melhor refletido para o ensaio ABTS<sup>·+</sup> quando comparado ao ensaio DPPH<sup>·</sup>, como pode ser observado nesse estudo, onde o extrato aquoso apresentou maior atividade antioxidante para ABTS<sup>·+</sup> (129,53 mmol TE/g) em comparação a solução hidroalcoólica com 119,84 mmol TE/g, o que corrobora com o achado de Pérez-Jiménez e Saura-Calixto, (2006), onde os valores de ABTS<sup>·+</sup> foram mais significativos para o extrato aquoso em relação a mistura de metanol e água, bem como, valores inferiores foram encontrados para o extrato aquoso na determinação da atividade antioxidante pelo DPPH<sup>·</sup>. Vale salientar que, a aplicação do método ABTS<sup>·+</sup> apresenta-se mais vantajoso, uma vez que, devido a sua solubilidade em meio aquoso e solventes orgânicos é possível à avaliação da atividade antioxidante tanto hidrofílica, quanto lipofílica de extratos alimentares (APAK et al., 2007).

De forma geral, a mistura água e etanol em meio ácido apresentou maior poder extrator, quanto ao teor de fenólicos e flavonóides em seriguela e assim sendo uma combinação promissora para a obtenção desses compostos.

### 5.5.2. Efeito dos estágios de maturação

Os resultados quanto ao impacto dos diferentes estádios de maturação da seriguela, independente do tipo de solvente utilizado para a avaliação da influência do conteúdo fenólico é apresentado na Tabela 16.

O teor de compostos fenólicos variou de 489,25 a 6444,67 mg EAG/100 g. Os valores diferem estatisticamente ( $p \leq 0,05$ ) entre as partes do fruto e nos diferentes estágios de maturação, no entanto o maior teor de compostos fenólicos extraídos foi nas sementes seguindo das cascas, porém apresentaram um comportamento diferente entre os diferentes estágios de maturação, onde o maior valor foi encontrado na casca de seriguelas verde (6042,71 mg GAE/100 g), diminuindo com a maturação ao contrário da semente que apresentou maior concentração entre os estágios de “vez” e madura (6444,67 GAE/100 g e 6209,62 GAE/100 g), respectivamente.

Já a polpa de seriguela foi a parte do fruto que demonstrou menor quantidade de compostos fenólicos, variando de 489,25 para a polpa verde a 759,07 mg GAE/100 g para a polpa madura. Contudo, observa-se que os compostos fenólicos na polpa do fruto maduro apresentaram um conteúdo superior em relação aos demais estágios de maturação.

**Tabela 16** - Efeito dos estágios de maturação no conteúdo de compostos fenólicos, flavonóides totais e atividade antioxidante em extratos de seriguela.

Amostra	Fenólicos mg EAG/100g	Flavonóides mg EQ/100g	Atividade Antioxidante (mmol TE/g)			
			ABTS <sup>+</sup>	DPPH <sup>•</sup>	FRAP	ORAC
<b>Casca</b>						
Verde	6042,71 <sup>c</sup>	703,62 <sup>d</sup>	109,54 <sup>c</sup>	190,38 <sup>a</sup>	118,65 <sup>c</sup>	19,71 <sup>d</sup>
De “vez”	2584,68 <sup>e</sup>	320,46 <sup>c</sup>	182,75 <sup>a</sup>	95,38 <sup>d</sup>	82,78 <sup>e</sup>	22,54 <sup>c</sup>
Madura	2410,94 <sup>f</sup>	314,54 <sup>e</sup>	134,93 <sup>b</sup>	89,38 <sup>d</sup>	107,57 <sup>d</sup>	17,67 <sup>e</sup>
<b>Polpa</b>						
Verde	489,25 <sup>h</sup>	62,75 <sup>g</sup>	81,88 <sup>d</sup>	120,16 <sup>c</sup>	29,30 <sup>f</sup>	12,66 <sup>f</sup>
De “vez”	550,35 <sup>h</sup>	57,06 <sup>g</sup>	84,48 <sup>d</sup>	57,82 <sup>f</sup>	31,72 <sup>f</sup>	13,65 <sup>f</sup>
Madura	759,07 <sup>g</sup>	95,60 <sup>f</sup>	71,67 <sup>d</sup>	74,00 <sup>e</sup>	26,57 <sup>f</sup>	22,70 <sup>c</sup>
<b>Semente</b>						

verde	5467,50 <sup>d</sup>	857,52 <sup>c</sup>	145,12 <sup>b</sup>	176,52 <sup>b</sup>	137,54 <sup>b</sup>	19,02 <sup>d</sup>
De “vez”	6444,67 <sup>a</sup>	1105,55 <sup>a</sup>	145,52 <sup>b</sup>	186,20 <sup>a</sup>	124,75 <sup>c</sup>	33,98 <sup>a</sup>
Madura	6209,62 <sup>b</sup>	963,81 <sup>b</sup>	166,29 <sup>a</sup>	185,98 <sup>a</sup>	151,66 <sup>a</sup>	25,40 <sup>b</sup>

Os valores foram expressos em médias  $\pm$  desvio padrão (triplicata). Médias seguidas de letras iguais, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de Probabilidade.

Fonte: Próprio autor.

Maiores concentrações de fenólicos em polpa madura de seriguela também foram observadas no estudo de Maldonado et al. (2014), com conteúdo fenólico variando de 1 a 869 mg GAE/100 g para seriguelas obtidas de diferentes regiões geográficas. No estudo de Álvarez-Vargas et al, (2017) o teor de compostos fenólicos relatados na seriguela em maturidade de consumo foi maior para a casca (40,19 a 221,68 mg GAE/100 g) em comparação a polpa (14,51 a 102,77 mg GAE/100 g), o que está de acordo com esse estudo.

Com relação à análise de flavonoides totais, o comportamento foi semelhante à análise de fenólicos totais, onde as partes do fruto e os diferentes estágios de maturação diferiram estatisticamente ( $p \leq 0,05$ ). Conforme a Tabela 16 observa-se que a semente é a parte do fruto que apresenta maior concentração de flavonoides variando entre 857,52 a 1105,55 mg EQ/100 g, em seguida a casca com valores médios entre 314,54 e 703,62 mg EQ/100 g. No entanto, conforme o aumento do estágio de maturação, a casca apresentou um declínio no conteúdo de flavonóides, diferentemente para a polpa e a semente, as quais tiveram um aumento a medida que os frutos atingia o estágio de maturação maduro. Tendências semelhantes foram observadas por Ishak et al. (2005) em frutos de ambarella (*Spondias cytherea* Sonn.)

Durante a maturação dos frutos, os compostos fenólicos sofrem uma série de processos de biossíntese levando a mudanças na sua composição e por isso, simples comparação de resultados quantitativos deve ser feita com cautela (PRASANNA et al., 2007).

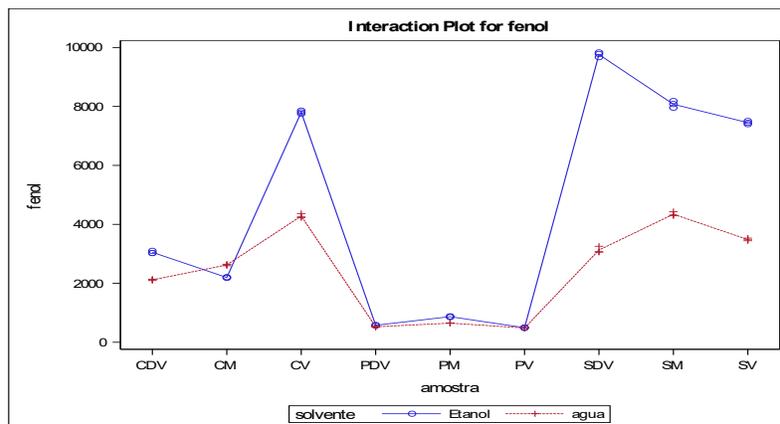
De acordo com a determinação da atividade antioxidante nos extratos da casca, polpa e semente de seriguela em diferentes estágios de maturação, verifica-se que as sementes apresentaram maior atividade antioxidante em comparação as demais amostras, independente do ensaio realizado. Ainda para essa mesma fração do fruto (semente), as amostras referentes aos estágios de “vez” e maduro se deteve dos maiores valores a níveis de 166,29 mmol TE/ g pelo ensaio ABTS<sup>+</sup> (estágio maduro), 186,20 mmol TE/ g (estágio de “vez”) não diferindo

estatisticamente ( $p > 0,05$ ) para as sementes no estágio maduro pelo ensaio de DPPH, 151,66 mmol TE/ g pelo ensaio de FRAP e 33,98 mmol TE/ g para o ORAC. Em seguida, a casca apresentou a maior capacidade antioxidante entre os primeiros estágios de maturação (verde e de “vez”) com valores médios de 182,75 mmol TE/g (ABTS<sup>+</sup>), 190,38 mmol TE/ g (DPPH), 118,65 mmol TE/ g (FRAP) e 22,54 mmol TE/ g (ORAC). Enquanto a polpa deteve da menor atividade antioxidante não deferindo estatisticamente ( $p > 0,05$ ) entre os estágios de maturação entre os ensaios de ABTS<sup>+</sup> e FRAP variando de 71,67 a 84,48 mmol TE/ g (ABTS<sup>+</sup>) e 26,57 a 31,72 mmol TE/ g (FRAP).

Dentre todos os métodos de atividade antioxidante descrito, os extratos da semente e da casca de seriguela apresentaram a melhor capacidade antioxidante, enquanto que nos extratos da polpa, demonstraram menor atividade, comportamento também relatado por Omena et al. (2012). Segundo Albuquerque et al. (2016) as casca e sementes, são as partes dos frutos que possuem maior concentração de substâncias com compostos bioativos e propriedades antioxidantes. Tais dados apresentados revelam que essas partes da seriguela têm grande potencial, os quais ainda não são bem estudados para posterior aproveitamento pelos vários segmentos industriais na área alimentícia ou farmacêutica, o que corrobora para a continuidade de estudos envolvendo essas partes que são menos favorecidas.

Para um melhor entendimento e visualização do comportamento de fenólicos, flavonóides totais e dos diferentes ensaios de atividade antioxidante em relação aos efeitos de interação entre as variáveis, solvente e estágio de maturação (Apêndice Q), os quais foram significativos ( $p \leq 0,0001$ ). Os gráficos de interação estão demonstrados a seguir (Figuras 8, 9 e 10), onde exibem as médias para os níveis de um fator no eixo x (estágios de maturação) e uma linha separada para cada nível de outro fator (solvente) e quanto mais às retas não forem paralela maior será à força de interação entre as variáveis analisadas.

**Figura 8** - Gráfico de interação dos solventes etanol e água na extração de fenólicos totais.



CDV: casca de “vez”; CM: casca madura; CV: casca verde; PDV: polpa de “vez”; PM: polpa madura; PV: polpa verde; SDV: semente de “vez”; SM: semente madura; SV: semente verde.

Fonte: Próprio autor

Pode-se observar no gráfico de interação, Figura 8, que o efeito da interação indica que a relação entre o estágio de maturação e a concentração de compostos fenólicos depende do tipo de solvente utilizado para a extração, ou seja, as cascas de seriguela no estágio de maturação verde, as sementes de “vez” e o etanol como solvente extrator está associado com maior teor de compostos fenólicos, sendo bem superior ao conteúdo comparando com o uso do solvente água. A maior concentração foi na casca (verde) no extrato hidroalcoólico (7803,12 mg EAG/100 g) em seguida no aquoso (4282,3 mg EAG/100g), na casca de “vez” a concentração foi de 3052,15 mg EAG/100 g e 2117,21 mg EAG/100 g em etanol e água, respectivamente.

Nas sementes a extração com etanol obteve resposta mais satisfatória comparando com água em todos os estágios de maturação, o extrato mais concentrado foi na semente de “vez” (9760,94 mg GAE/100 g) decrescendo na madura com valor médio de 8074,67 mg GAE/100 g, em seguida na verde com 7450,6 mg GAE/100g. Os valores estão próximos ao encontrado por Reis et al. (2015) os mesmos relataram o teor de fenólicos de 89700,00 mg EQ/100 g utilizando uma mistura dos resíduos (semente e casca) de seriguela,

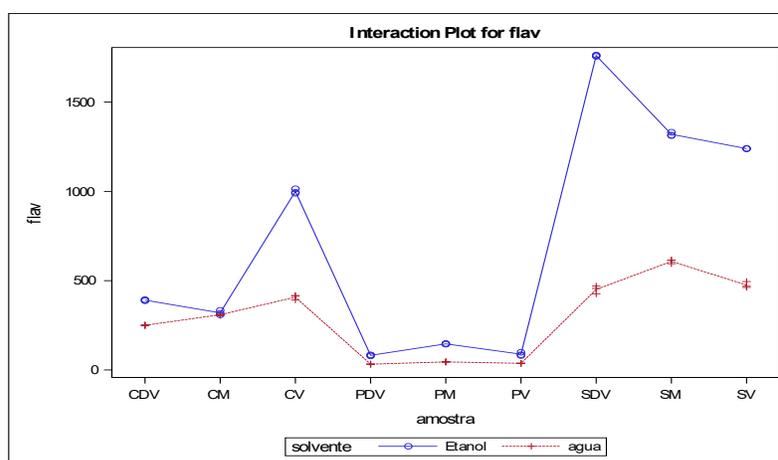
No entanto, nas polpas a influência dos solventes não favoreceu a extração dos compostos. A concentração de fenólicos foi menor, em ambos solventes, como também apresentaram menor concentração variando de 868,78 mg GAE/100 g para polpa madura e 494,45 mg GAE/100 g para a polpa no estágio de maturação verde. O valor encontrado no presente trabalho está similar

ao reportado por Silva et al. (2012), onde os autores ao realizarem estudos em 11 diferentes genótipos de seriguela encontrou variação de 351,30 mg GAE/100 g a 862,32 mg GAE/100 g na polpa. Em outro estudo, Maldonado et al. (2011), avaliando a polpa de seriguela em três estágio de maturação, constataram variação de 330 mg GAE/100g a 520 mg GAE/100g, sendo o resultado inferior comparando ao presente trabalho.

No estudo realizado por Omena et al. (2012) os autores ao avaliarem as partes do fruto de seriguela, encontrando os seguintes resultados para composto fenólicos totais: casca (11220,00 mg GAE/100 g), polpa (1350,0 mg GAE/100 g) e semente (25470,00 mg GAE/100 g), valores próximos encontrado nesse trabalho.

Na análise de interação dos fatores quanto ao conteúdo de flavonóides totais, (Figura 9), pode observar que o comportamento foi similar à análise de fenólicos, apresentando maior concentração nas extrações hidroalcoólica em relação à aquosa. Nas cascas, o maior conteúdo foi no estágio de maturação verde com 999,75 mg EQ/100 g (extração hidroalcoólica) e 407,49 mg EQ/100 g (extrato aquoso). E assim como para fenólicos, a semente de “vez” se sobressaiu em relação às demais parte do fruto utilizando o etanol como o solvente extrator apresentando uma concentração de 1760,22 mg EQ/100 g.

**Figura 9** - Gráfico de interação dos solventes etanol e água na extração de flavonóides totais.



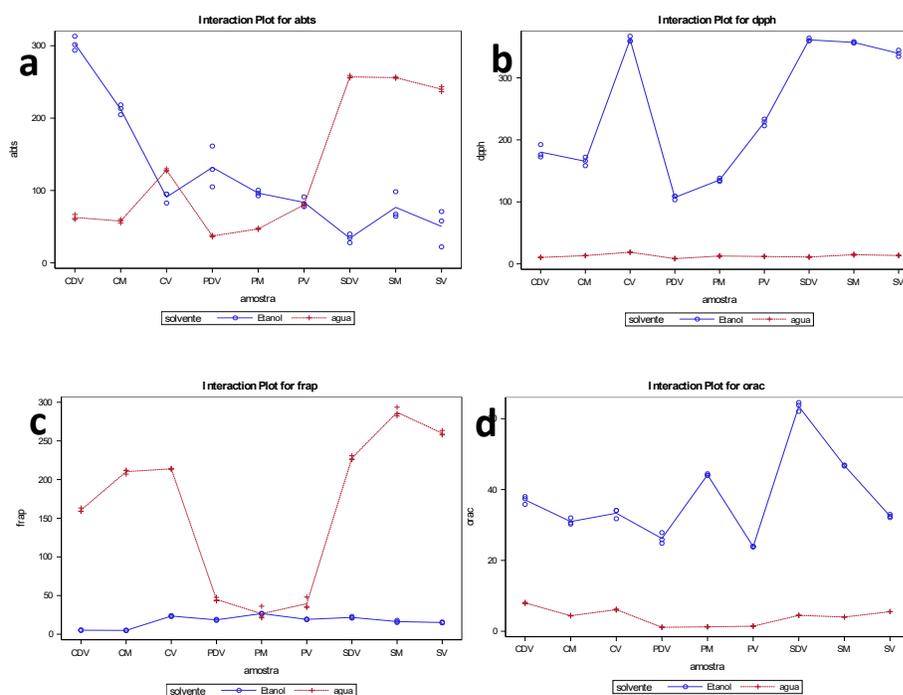
CDV: casca de “vez”; CM: casca madura; CV: casca verde; PDV: polpa de “vez”; PM: polpa madura; PV: polpa verde; SDV: semente de “vez”; SM: semente madura; SV: semente verde.

Fonte: Próprio autor

Valores elevados também foram reportados por Reis et al. (2015), os quais encontraram um valor médio de 12271,00 mg EQ/100 g para flavonoides na mistura de semente e casca de seriguela. Tais resultados corroboram com achados de outros autores, os quais afirmam que os compostos bioativos se concentram principalmente nas cascas e sementes dos frutos (BABBAR et al., 2011; SOUZA et al., 2011a; SOUZA et al., 2011b; MELO SOUZA et al., 2008). Vale ressaltar que os melhores resultados apresentados pelas sementes provavelmente são atribuídos a sua composição química rica em fenóis e substâncias necessárias no processo de germinação (MARTINS et al., 2010; ALMEIDA et al., 2011).

Em relação ao desempenho da atividade antioxidante, podendo ser afetado por vários fatores como: origem geográfica, condição climática, estadia de maturação, data da colheita, armazenamento, fatores ambientais, tipo e polaridade do solvente extrator, bem como do tipo de método utilizado (MOURE et al., 2001), a Figura 10 (a, b, c e d) apresentam o efeito de interação dos solventes, quanto aos diferentes estágios de maturação nos diferentes métodos de atividade antioxidante em partes do fruto de seriguela.

**Figura 10** - Gráficos de interação dos solventes etanol e água na atividade antioxidante



Ensaio de atividade antioxidante. a) ABTS<sup>+</sup>; b) DPPH; c) FRAP e d) ORAC.

Fonte Próprio autor.

Observa-se que cada gráfico de interação a atividade antioxidante analisada apresentou um comportamento diferente, o que remete a capacidade antioxidante de cada amostra em função do estágio de maturação e do solvente. Nesse sentido, as amostras da casca de “vez” (302,79 mmol TE/ g) e na madura (212,1 mmol TE/ g), assim como para as amostras da polpa (131,86 mmol TE/ g e 96,38 mmol TE/ g) nos estágios de “vez” e madura existem uma maior atividade antioxidante pelo ensaio ABTS<sup>+</sup>, tendo como o etanol o solvente extrator. No entanto, se o interesse de estudo for às sementes de seriguela a maior atividade antioxidante foi observada para os extratos aquosos independente do estágio de maturação, bem como para o ensaio FRAP.

Quanto aos ensaios de DPPH e ORAC o extrato hidroalcoólico foi melhor para todas as partes do fruto, enquanto para as amostras extraídas com água não obteve diferenças significativas para ambos os ensaios.

A obtenção de extratos ricos em compostos fenólicos é de fundamental importância, sendo o primeiro passo para sua utilização em diversas áreas. A quantidade de compostos extraídos nas diferentes partes do fruto de seriguela foi influenciada pelo tipo de solvente, o que demonstra que os ensaios preliminares realizados foram eficazes na decisão do melhor solvente a serem empregados.

A utilização de etanol combinado com água pode ser o solvente mais adequado para a extração dos compostos fenólicos, visto que, são de origem vegetal, pode ser aplicada diretamente em alimento, uma vez que esses solventes não possuem toxicidade e são utilizados no consumo humano (ALOTHMAN, BHAT E KARIM 2009). Vizzotto et al. (2011) em seu estudo com amora-preta, usou vários solventes, e verificou que o etanol acidificado apresentou melhor capacidade extratora de compostos fenólicos e atividade antioxidante. SOUZA et al. (2011b) constatou melhor extração de compostos fenólicos em resíduo de frutas utilizado etanol quando comparada com água pura.

Outros autores como, Bosso et al., (2016) e Zagklis et al., (2015), também relataram que misturas de etanol e água em matrizes vegetais, oriundas da vinicultura são os melhores solventes para um maior rendimento nas extrações de compostos fenólicos, sendo assim, o mais indicado e por isso, soluções aquosas de etanol foram utilizadas neste trabalho para as análises dos compostos individuais no fruto de seriguela.

## 5.6 Análises cromatográficas

### 5.6.1 Determinação do teor de ácido ascórbico

O ácido ascórbico (AA), conhecido como vitamina C, é uma das vitaminas, presentes naturalmente nos alimentos, especialmente em frutas e vegetais (Valente et al., 2011). O AA é um excelente antioxidante, que desempenha várias funções biológicas relacionadas ao sistema imune, sendo indispensável sua ingestão através da dieta (AGUIAR, 2001).

As concentrações do AA avaliadas na casca, polpa e semente dos frutos de seriguela estão apresentadas na Tabela 17.

Os resultados de vitamina C foram realizados pela técnica HPLC (ver cromatogramas nos apêndices A, B e C), por se tratar de um método mais sensível com confiabilidade na quantificação, já que no método de titulometria, ocasionalmente pode levar a uma incerteza do valor real do teor, devido a interferentes como, vidrarias descalibradas e variabilidade do executor durante a titulação.

**Tabela 17** - Teor de ácido ascórbico de polpa, casca e semente, de diferentes estágios de maturação de seriguela.

Estágios de maturação	Teor de Ácido ascórbico (g/100 g)		
	Polpa	Casca	Semente
Verde	11,58 ± 0,30 <sup>c</sup>	6,60 ± 0,28 <sup>e</sup>	3,59 ± 0,00 <sup>g</sup>
De “vez”	14,08 ± 0,18 <sup>a</sup>	6,58 ± 0,21 <sup>e</sup>	3,94 ± 0,01 <sup>f</sup>
Madura	12,71 ± 0,32 <sup>b</sup>	10,48 ± 0,31 <sup>d</sup>	3,38 ± 0,02 <sup>h</sup>

Os valores foram expressos em médias ± desvio padrão (triplicata). Médias seguidas de letras iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis ( $p \leq 0,05$ ).

Fonte: Próprio autor.

De acordo com a Tabela 17, os resultados demonstraram diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre as frações do fruto e entre os estágios de maturação. A polpa apresentou valores entre 11,58 a 14,08 g/100 g de amostra, sendo a polpa de “vez” apresentou uma maior quantidade seguida da polpa madura. Para a fração da casca os valores médios variaram de 6,58 a 10,48 g/100 g de amostra, sendo observando um aumento da concentração do AA durante a maturação. Na semente apesar de estatisticamente apresentar diferenças significativas ( $p > 0,05$ ), os valores

ficaram bem próximos nos três estagios de maturação (3,38 a 3,94 g/100 g de amostra). Os valores obtidos nesta pesquisa são superiores comparando aos estudos de Freire et al. (2011), os quais encontraram teores de AA variando entre 0,00736 a 0,02207 g/100 g em diferentes estagios de maturação da seriguela. Em outro estudo, Neris et al. (2017) relataram valores de 0,00984 a 0,01757 g/100 g. Omena et al. (2012) ao estudarem sementes de seriguela, os autores relataram uma média de AA de 0,332 g 100/ g e Filgueiras et al. (2001) reportam o teor de AA de 0,03401 mg/100 g em polpa de seriguela. Apesar dos valores encontrados na literatura estarem bem abaixo ao encontrado neste trabalho, é interessante ressaltar que esses dados referenciados em relação à concentração do AA não foram realizados através de técnica cromatográfica, e com base no levantamento feito, até o momento, ainda não há estudos para fins de comparação destes resultados, o que justifica a importância da realização desse estudo na avaliação fitoquímica da seriguela.

Em geral, o maior conteúdo de AA está presente nas polpas em seguida nas cascas, e em menor concentração nas sementes com o aumento da maturação. Comportamento também observado por Neris et al. (2017), onde os autores relatam em seu trabalho que a casca e polpa de seriguela em diferentes estagios de maturação apresentou maior concentração.

O ácido ascórbico é um composto muito instável, pode ser degradado facilmente durante o processamento. A variação no conteúdo de ácido ascórbico depende de vários fatores como temperatura, luz, tipo de plantio, colheita e armazenamento (DAVEY et al., 2000). Sendo assim, tendo em vista, que as sementes foram desidratadas para posterior avaliação, a temperatura de secagem utilizada, apesar de baixa (40 °C) pode ter contribuído para a redução do teor do AA nas amostras de sementes em comparação as demais partes da fruta analisada na forma *in natura*.

### 5.6.2 Determinação ácidos orgânicos

Os ácidos orgânicos são substâncias que estão presentes em vários alimentos, principalmente em frutas, influenciando o sabor, odor, cor, estabilidade e a manutenção de qualidade (CHITARA e CHITARRA, 2005; ALMEIDA SILVA et al., 2012).

Na Tabela 18 apresenta os compostos identificados e a quantificação dos ácidos orgânicos nas diferentes partes do fruto de seriguela.

**Tabela 18** - Teor de ácidos orgânicos na polpa, casca e semente, de diferentes estágios de maturação de seriguela.

<b>Amostra</b>	<b>Ác. Cítrico (mg/100 g)*</b>	<b>Ác. Succínico (mg/100 g)*</b>	<b>Ác. Fumárico (mg/100 g)**</b>
<b>Polpa</b>			
verde	7,13 ± 0,20 <sup>d</sup>	11,60 ± 0,17 <sup>h</sup>	8,50 ± 0,00 <sup>h</sup>
De “vez”	7,96 ± 0,01 <sup>c</sup>	2,12 ± 0,05 <sup>g</sup>	8,06 ± 0,00 <sup>i</sup>
madura	10,46 ± 0,14 <sup>b</sup>	13,89 ± 0,03 <sup>f</sup>	10,40 ± 0,00 <sup>d</sup>
<b>Casca</b>			
verde	12,88 ± 0,19 <sup>a</sup>	18,77 ± 0,13 <sup>e</sup>	11,81 ± 0,00 <sup>a</sup>
De “vez”	5,01 ± 0,00 <sup>f</sup>	20,44 ± 0,16 <sup>d</sup>	10,97 ± 0,00 <sup>c</sup>
Madura	5,98 ± 0,05 <sup>e</sup>	26,22 ± 1,10 <sup>b</sup>	11,35 ± 0,00 <sup>b</sup>
<b>Semente</b>			
verde	2,44 ± 0,10 <sup>i</sup>	26,05 ± 0,08 <sup>b</sup>	10,30 ± 0,00 <sup>e</sup>
De “vez”	3,20 ± 0,01 <sup>h</sup>	27,84 ± 0,08 <sup>a</sup>	10,02 ± 0,00 <sup>g</sup>
Madura	4,02 ± 0,04 <sup>g</sup>	23,17 ± 0,15 <sup>c</sup>	10,16 ± 0,00 <sup>f</sup>

Os valores foram expressos em médias ± desvio padrão (triplicata).

\* Médias seguidas de letras iguais sobrescritas na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis ( $p \leq 0,05$ ).

\*\* Médias seguidas de letras iguais sobrescritas na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Fonte: Próprio autor.

No presente estudo três ácidos orgânicos, a saber, ácido cítrico, ácido succínico e o ácido fumárico foram identificados por HPLC/DAD nas amostras de casca, polpa e semente de seriguela nos diferentes estágios de maturação (ver os cromatogramas nos apêndices D, E e F). O ácido cítrico, ácido responsável pela acidez está presente em maior quantidade na casca verde (12,88 mg/100 g) apresentando um decréscimo a medida que os frutos amadurecem. No entanto para as demais partes da fruta foi verificado um aumento da concentração do ácido cítrico, principalmente na polpa que variou de 7,13 mg/100 g (polpa verde) a 10,46 mg/100 g (polpa madura).

O ácido succínico foi o ácido majoritário encontrado entre todas as partes do fruto analisado, mas nas sementes e cascas, a contribuição desse ácido foi significativamente mais alta com valores médios variando entre os estágios de maturação de 18,77 a 26,22 mg/100 g (casca) e 23,17 a 27,84 mg/100 g (semente). Assim também observado para o ácido fumárico, sendo detectado quantidades mais elevadas para a casca e semente em comparação a polpa. De acordo com Chitarra e Chitarra (2005), o teor de ácidos orgânicos, em geral, diminui com a

maturação dos frutos, em decorrência do processo respiratório ou de sua conversão em açúcares, sendo que, em alguns casos, há um pequeno aumento nos valores com o avanço da maturação.

### 5.6.3 Determinação de açúcares

Os carboidratos são os primeiros compostos produzidos nas células das plantas por intermédio da fotossíntese, os principais açúcares responsáveis pelo sabor doce das frutas são glicose, frutose e sacarose. Durante a maturação nota-se, na maioria dos frutos, aumento na doçura, redução da acidez e elevação em suas concentrações. (CHITARRA et al, 2005). Os teores de açúcares na polpa, casca e semente nos três estágios de maturação da seriguela são apresentados na Tabela 19.

**Tabela 19** - Teor de açúcares nos frutos de seriguela na polpa, casca e semente, de diferentes estágios de maturação de seriguela.

<b>Amostra</b>	<b>Sacarose (mg/100 g)</b>	<b>Glicose (mg/100 g)</b>	<b>Frutose (mg/100 g)</b>
<b>Polpa</b>			
verde	1,41 ± 0,04 <sup>g</sup>	2,92 ± 0,01 <sup>h</sup>	47,15 ± 0,42 <sup>g</sup>
De “vez”	16,28 ± 0,12 <sup>b</sup>	5,21 ± 0,07 <sup>f</sup>	87,76 ± 2,88 <sup>e</sup>
madura	22,53 ± 0,21 <sup>a</sup>	5,71 ± 0,02 <sup>e</sup>	118,84 ± 0,92 <sup>d</sup>
<b>Casca</b>			
verde	1,26 ± 0,01 <sup>h</sup>	2,54 ± 0,02 <sup>i</sup>	35,87 ± 0,67 <sup>h</sup>
De “vez”	14,94 ± 0,08 <sup>d</sup>	4,96 ± 0,03 <sup>g</sup>	60,48 ± 0,90 <sup>f</sup>
Madura	15,45 ± 0,34 <sup>c</sup>	6,86 ± 0,06 <sup>d</sup>	117,86 ± 1,11 <sup>d</sup>
<b>Semente</b>			
verde	3,04 ± 0,00 <sup>f</sup>	9,99 ± 0,32 <sup>c</sup>	218,00 ± 1,09 <sup>c</sup>
De “vez”	3,08 ± 0,53 <sup>f</sup>	12,26 ± 0,04 <sup>b</sup>	265,24 ± 0,79 <sup>b</sup>
Madura	12,76 ± 1,07 <sup>e</sup>	17,34 ± 0,25 <sup>a</sup>	508,37 ± 9,31 <sup>a</sup>

Os valores foram expressos em médias ± desvio padrão (triplicata). Médias seguidas de letras iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis ( $p \leq 0,05$ ).

Fonte: Próprio autor.

Os açúcares foram identificados e quantificados pela técnica cromatográfica (ver cromatogramas nos apêndices G, H e I), sendo os principais açúcares encontrados, sacarose, glicose e frutose em proporções variadas. De acordo com as partes do fruto como demonstrado na Tabela 19, o teor de açúcar aumentou com o avanço da maturação fisiológica para todas as frações da seriguela, assim como para todos os três açúcares identificados. De maneira geral, o

teor de açúcar foi maior na semente do que na casca e polpa, o que pode estar relacionado à secagem da semente, uma vez que, ocorre uma concentração dos compostos presentes na amostra. Dentre os principais açúcares, a frutose foi o principal açúcar encontrado em todos os tratamentos com concentrações entre 35,87 mg/100 g para casca (verde) a 508,37 mg/100 g para semente (madura).

A sacarose variou de 1,26 mg/100 g a 22,53 mg/100 g apresentando-se em maior quantidade no estágio maduro independente da parte do fruto, porém foi maior encontrado na polpa, seguido da casca e semente. Já a glicose variou de 2,54 mg/100 g a 17,34 mg/100 g, sendo a semente a fração do fruto que se destacou com os maiores resultados variando de 9,99 mg/100 g amostra (verde) a 17,34 mg/100 g (maduro). A frutose também possui maior concentração na semente madura (508,37 9,99 mg/100 g amostra), seguido da casca e polpa no estágio maduro (117,86 9,99 mg/100 g amostra e 118,84 9,99 mg/100 g amostra) respectivamente, decrescendo no fruto no estágio de maturação verde.

Poucos estudos relataram a quantificação individual dos açúcares presente em seriguela, demonstrando apenas a presença de açúcares redutor e seus percentuais. Segundo Koziol e Macía (1998), os autores relatam as concentrações totais dos três açúcares em polpa de seriguela de 7,21 g/100 g para sacarose, 2,53 g/100 g para frutose e 2,00 g/100 g para, valores esses inferiores ao encontrado nesse estudo. No entanto deve-se observar que para quantificação utilizada não foi a mesma técnica analítica utilizada nesse estudo (HPLC) o que não viabiliza a comparação dos valores.

No geral a frutose foi o açúcar majoritário em todas as partes do fruto. Na semente está a maior concentração de glicose e frutose, já a sacarose está presente em maior quantidade na polpa. Segundo Rodrigo et al. (2012) os açúcares se acumulam na maioria dos frutos climatéricos, sendo a glicose e frutose os açúcares mais encontrados em frutas maduras.

#### *5.6.4 Determinação de carotenóides*

Os carotenóides são compostos fotoquímicos presente em frutas e vegetais; possui potencial antioxidante, atuando na prevenção de doenças. São responsáveis pela coloração

amarela, laranja e vermelha (RAO e RAO, 2007). A quantificação do  $\beta$ -caroteno, carotenoide identificado nesse estudo pode ser observado na Tabela 20.

**Tabela 20** - Teor de ácidos carotenoides nos frutos de seriguela na polpa, casca e semente, de diferentes estágios de maturação de seriguela.

Estágios de maturação	Carotenoides (mg $\beta$ -caroteno/ g)		
	Polpa	Casca	Semente
Verde	42,73 $\pm$ 3,00 <sup>f</sup>	477,03 $\pm$ 0,39 <sup>a</sup>	NI
De “vez”	109,08 $\pm$ 0,89 <sup>e</sup>	146,41 $\pm$ 11,19 <sup>c</sup>	NI
Madura	110,94 $\pm$ 0,59 <sup>d</sup>	186,30 $\pm$ 1,07 <sup>b</sup>	15,64 $\pm$ 1,07 <sup>g</sup>

Médias seguidas na coluna de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

NI: Não Identificado.

Próprio autor.

O  $\beta$ -caroteno é um importante carotenoide que apresenta maior concentração nos alimentos, além de ser um dos compostos mais estudados na prevenção de doenças, (MELÉNDEZ-MARTINEZ et al, 2003). Nesse estudo, o  $\beta$ -caroteno foi identificado e quantificado através da técnica de cromatografia (ver cromatogramas nos apêndices J, L e M) e como pode ser observada na Tabela 20, a concentração diferiu estatisticamente ( $p \leq 0,05$ ) entre as partes dos frutos, bem como nos estágios de maturação. A maior quantidade de  $\beta$ -caroteno está presente na casca, com maior concentração no estágio verde (477,03 mg  $\beta$ -caroteno/ g) diminuindo no estágio maduro (186,30 mg  $\beta$ -caroteno/ g). Na polpa a maior concentração foi observada no estágio maduro (110,94 mg  $\beta$ -caroteno/ g) e menor valor para a polpa no estágio verde (42,73 mg  $\beta$ -caroteno/ g). Valor superior ao encontrado em polpa de cajá (31,4 mg  $\beta$ -caroteno/ g) fruta também pertencente à espécie *Spondias*. Na semente, o composto foi identificado apenas no estágio maduro com valor médio de 15,64 mg  $\beta$ -caroteno/ g. A determinação de  $\beta$ -caroteno pelo método analítico cromatográfico demonstrou semelhança aos resultados encontrados na análise por espectrofotometria, onde os valores foram maiores para a casca, enquanto a semente e a polpa apresentaram maiores concentrações no estágio maduro.

Segundo Rodriguez-Amaya (1999), os carotenóides dos vegetais de uma mesma espécie podem ser afetados por uma série de fatores como o grau de maturação, o tipo de solo e as

condições de cultivo, as condições climáticas, a variedade dos vegetais, a parte da planta consumida, o efeito dos agrotóxicos, a exposição à luz solar, processamento e estocagem.

### 5.6.5 Identificação e Quantificação dos Compostos fenólicos

Os compostos fenólicos identificados foram quantificados com base nas suas áreas de pico e comparação com uma curva de calibração obtida com os padrões correspondentes, utilizando faixas de concentrações entre 0,020 mg/mL e 1mg/mL. A Tabela 21 apresenta as curvas analíticas e coeficientes de correlação utilizados para a quantificação dos compostos fenólicos identificados.

**Tabela 21** - Parâmetros analíticos, curvas de calibração e coeficientes de correlação dos padrões utilizados para identificação e quantificação dos compostos fenólicos.

Compostos	Tempo de retenção (min)	Curva de calibração*	Coefficiente de correlação (r <sup>2</sup> )
Ácido Protocatecuico	9,382	Y=7,00e+06X-79785	0,9987
Ácido Caféico	15,129	Y=4,00e+06X-26104	0,9993
Ácido Gálico	6,114	Y=3,00e+06X-26549	0,9989
Ácido Clorogênico	13,366	Y= 2,00e+06X -25705	0,9988
Ácido Siríntrico	20,389	Y=3,00e+06X+152674	0,9984
Galato de etilo	18,035	Y=2,00e+06X-105569	0,998
Epigallocatequina galato	15,575	Y=3,00e+06X-286410	0,9966
Epicatequina	15,191	Y=852504X+5389,3	0,9992
Pirocatecol	12,7	Y=1,00E+06+006X+14380	0,9959
Quercetina	27,904	Y=3,00e+06X+271491	0,984
Rutin	18,552	Y=4,00e+06X-109593	0,9973
Kaempferol-3-glucósido	22,198	Y=2,00e+06X+458260	0,9959
Quercetina-3-glucósido	19,795	Y=2,00e+06X+2,00E+06	0,9919

\* Y é o valor da área do pico e X é a concentração do composto padrão. Próprio autor.

Os resultados da determinação dos compostos fenólicos individuais presentes nas cascas, polpas e sementes da seriguela em diferentes estágios de maturação no extrato hidroalcoólico são apresentados na Tabela 22. Foram identificados treze compostos, sendo sete ácidos fenólicos, três flavanóis, e quatro flavonóis (ver cromatograma nos apêndices N, O e P).

Dentre os ácidos fenólicos somente o ácido protocatecuico e o ácido gálico foram identificados e quantificados em todas as partes do fruto da seriguela diferindo estatisticamente ( $p \leq 0,05$ ). O ácido protocatecuico variou entre 9,77 a 11,46 mg/ g com maior concentração na polpa, ocorrendo um aumento da concentração desse composto durante a maturação. Na casca, o maior teor foi encontrado no estágio de maturação verde, já na semente o estágio de “vez” que se sobressaiu em comparação os demais estágios, porém ambas diminuíram durante a maturação. Quanto ao composto ácido gálico, a concentração variou de 8,07 a 13,14 mg/ g entre as partes do fruto. A maior concentração foi encontrada na semente de “vez” em seguida na casca de “vez” com menor concentração na verde. Nas polpas não teve diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) durante a maturação.

Os compostos fenólicos, ácido caféico, ácido clorogênico e galato de etila foram encontrados e quantificados apenas na casca e semente da seriguela. O ácido caféico apresentou maior concentração nas partes do fruto no estágio de maturação verde, já o ácido clorogênico e galato de etila obteve maior concentração nas cascas variando de 35,81 a 63,04 mg/ g de amostra. Nos três compostos citados se destaca maior concentração no estágio verde, ou seja, há uma diminuição desses ácidos fenólicos durante a maturação. No trabalho realizado por Omena et al., (2012) os autores quantificaram o ácido clorogênico na semente de seriguela com valor de 0,356 mg/ g, valor esse inferior ao reportado no presente trabalho.

Quanto ao pirocatecol, apresentou-se como o majoritário dentre todos os compostos identificados, com uma das maiores concentrações na semente verde (648,71 mg/ g). Essa substância foi identificada em todas as frações do fruto, no entanto, só foi quantificado na casca de “vez” e nas sementes, assim também como o ácido siríngico foi detectado na semente, porém ficou abaixo do limite de detecção nas demais amostras. Dentre os ácidos fenólicos encontrados no fruto de seriguela alguns já foram reportados em outros estudos como, Engels et al. (2012) que em seu trabalho com casca de seriguela detectou a presença do ácido gálico e ácido clorogênico, porém suas concentrações não foram relatadas. Silva et al. (2016) também identificaram o ácido caféico na casca de seriguela.

Dentre os flavanóis, o epigallocatequina galato foi identificado e quantificado em todas as frações do fruto, a concentração se manteve bem próxima entre as partes do fruto, como também durante a maturação, apesar de diferir estatisticamente ( $p \leq 0,05$ ). A epicatequina foi identificada na casca e semente, no entanto, só foi quantificado no estágio de maturação verde.

Concernente aos flavonóis, a quercetina foi encontrada em todas as partes do fruto, com maior concentração na semente (13,47 mg/ g), seguido da casca (12,45 mg/ g), no estágio maduro. Valor superior ao relatado por Omena et al. (2012) que relataram 0,03144 mg/ g na casca de seriguela. A rutina foi determinada somente na polpa madura e nas cascas, com maior concentração na casca de “vez” (54,16 mg/ g), corroborando com o trabalho de Engels et al. (2012) e Silva et al. (2016) que relataram a presença da rutina e da quercetina na casca de seriguela. Para os compostos kaempferol-3-glucósido e quercetina-3-glucósido, os mesmos foram identificados, porém ficaram abaixo do limite de detecção. Dentre os compostos citados alguns compostos também foram relatados por Dutra et al. (2017) em frutos de seriguela os quais foram os ácidos protocatecuico, siríngico, gálico, além da rutina e quercetina, corroborando com os compostos identificados em frutos de seriguela nesse trabalho.

Em resumo, a casca e a semente de seriguela apresentaram os melhores resultados na quantificação da maioria dos fenólicos, o que é consistente na maioria dos relatos da literatura, destacando-se os estágios de maturação verde e de “vez”.

No geral, esses dados resultantes das análises cromatográficas, são achados relevantes, pois alguns compostos identificados não foram relatados na literatura, assim como existe escassez de informações quanto a análises cromatográficas, quanto às concentrações de ácidos orgânicos, açúcares, carotenóides nas diferentes partes do fruto de seriguela, o que demonstra a importância do desenvolvimento desse trabalho e a instigação de mais estudos referentes a esse fruto ainda subutilizado.

**Tabela 22** - Quantificação de compostos fenólicos presente na polpa, casca e semente de seriguela em diferentes estágios de maturação por UFLC-DAD.

Compostos Fenólicos (mg/g)	Polpa			Casca			Semente (Desidratada)		
	Verde	De “vez”	Madura	Verde	De “vez”	Madura	Verde	De “vez”	Madura
<b>Ácidos Fenólicos</b>									
Protocatecuico	11,23 ± 1,74 <sup>c</sup>	11,33 ± 3,71 <sup>b</sup>	11,46 ± 3,85 <sup>a</sup>	10,46 ± 2,29 <sup>d</sup>	9,80 ± 1,35 <sup>h</sup>	9,77 ± 0,71 <sup>h</sup>	10,02 ± 0,14 <sup>g</sup>	10,39 ± 2,26 <sup>c</sup>	10,14 ± 0,57 <sup>f</sup>
Caféico	NI	NI	NI	7,16 ± 1,70 <sup>b</sup>	5,64 ± 2,28 <sup>e</sup>	5,66 ± 1,91 <sup>e</sup>	7,33 ± 0,49 <sup>a</sup>	5,93 ± 19,20 <sup>d</sup>	6,40 ± 41,60 <sup>c</sup>
Gálico	8,26 ± 7,09 <sup>e</sup>	8,68 ± 84,98 <sup>e</sup>	8,07 ± 13,97 <sup>e</sup>	10,66 ± 0,90 <sup>d</sup>	12,78 ± 8,24 <sup>b</sup>	11,40 ± 3,23 <sup>c</sup>	11,36 ± 0,72 <sup>cd</sup>	13,14 ± 23,33 <sup>a</sup>	12,89 ± 2,62 <sup>ab</sup>
Clorogênico	NI	NI	NI	63,04 ± 74,14 <sup>a</sup>	42,65 ± 2,03 <sup>b</sup>	35,81 ± 6,41 <sup>c</sup>	11,10 ± 2,37 <sup>f</sup>	12,94 ± 113,29 <sup>d</sup>	11,68 ± 6,20 <sup>e</sup>
Galato de etilo	NI	NI	NI	117,19 ± 51,93 <sup>a</sup>	55,32 ± 18,67 <sup>b</sup>	53,39 ± 23,96 <sup>c</sup>	45,40 ± 0,00 <sup>e</sup>	36,51 ± 408,65 <sup>f</sup>	45,94 ± 2,97 <sup>d</sup>
Pirocatecol	NQ	NQ	NQ	NQ	2,78 ± 20,26 <sup>d</sup>	NQ	6,48 ± 51,56 <sup>c</sup>	22,73 ± 6,36 <sup>a</sup>	10,46 ± 50,15 <sup>b</sup>
Siríngico	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NQ	NQ	NQ
<b>Flavanóis</b>									
Epigallocatequina galato	82,75 ± 8,08 <sup>f</sup>	82,88 ± 1,18 <sup>e</sup>	83,60 ± 2,64 <sup>d</sup>	83,56 ± 7,61 <sup>d</sup>	80,61 ± 2,36 <sup>g</sup>	80,15 ± 0,56 <sup>g</sup>	85,53 ± 7,11 <sup>b</sup>	89,74 ± 5,66 <sup>a</sup>	84,99 ± 7,24 <sup>c</sup>
Epicatequina	NI	NI	NI	94,26 ± 200,66 <sup>a</sup>	NQ	NQ	42,11 ± 174,59 <sup>b</sup>	NQ	NQ
<b>Flavonóis</b>									
Quercetina	10,31 ± 1,54 <sup>f</sup>	10,60 ± 74,92 <sup>ef</sup>	12,87 ± 5,96 <sup>ab</sup>	9,63 ± 0,38 <sup>g</sup>	11,30 ± 1,24 <sup>d</sup>	12,45 ± 8,69 <sup>bc</sup>	10,62 ± 8,09 <sup>de</sup>	12,11 ± 4,00 <sup>c</sup>	13,47 ± 2,14 <sup>a</sup>
Rutin	NI	NI	23,48 ± 10,23 <sup>d</sup>	40,48 ± 6,31 <sup>c</sup>	54,16 ± 3,32 <sup>a</sup>	46,19 ± 12,22 <sup>b</sup>	NI	NI	NI
Kaempferol-3-glucósido	NI	NI	NI	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ
Quercetina-3-glucósido	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ
<b>Σ Fenólicos*</b>	112,55	113,49	169,48	436,44	550,43	254,82	872,18	203,49	195,97

Os resultados acima são expressos como os valores médios ± desvio padrão das determinações em triplicado (n = 3).

Valores médios seguidos pelas mesmas letras na mesma linha não diferem pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade de erro.

NI: Não Identificado

NQ: Não Quantificado (abaixo do Limite de Quantificação).

\*Soma de todos os compostos individuais analisado por HPLC.

## 5.7. Análise de Correlação de Pearson

Na estatística descritiva, o coeficiente de correlação de Pearson mede a força de correlação e a direção de uma associação linear se positivo ou negativo entre duas variáveis quantitativas. A correlação varia entre os valores -1 e 1, onde zero indica que não existe uma relação linear, ou seja, quanto mais próximo for de 1, melhor e mais forte será a correlação.

Conforme os dados apresentados na Tabela 23 verifica-se que os fenólicos totais apresentam correlação e positiva apenas para os ensaios DPPH e ORAC ( $r = 0,7230$  e  $r = 0,5781$ ), assim como flavonóides ( $r = 0,7632$  e  $r = 0,6569$ ), respectivamente. No entanto, analisando os valores de correlação para os compostos observa-se que eles exercem maior atividade antioxidante pelo método DPPH ( $r = 0,7230$  e  $0,7632$ ), respectivamente,

O método FRAP apresentou correlação negativa com o ensaio DPPH ( $r = -0,6190$ ) o que indica que o aumento da atividade antioxidante pelo método FRAP está ligado a uma baixa capacidade antioxidante do DPPH. Já o ensaio ORAC apresentou uma maior correlação com flavonóides ( $r = 0,6569$ ), evidenciando que o valor de ORAC pode não estar relacionado, com o teor de fenólicos totais, uma vez que o coeficiente de correlação foi de apenas ( $r = 0,5781$ ). Além disso, o ensaio ORAC apresentou forte correlação positiva entre o método DPPH ( $r = 0,8687$ ), enquanto uma correlação negativa pelo ensaio FRAP ( $r = -0,6127$ ).

Estes resultados indicam que a presença dos compostos fenólicos totais e flavonóides, são os principais contribuintes com correlação positiva aos métodos de atividade antioxidante DPPH e ORAC, o que demonstra a importância de se usar mais de um método antioxidante para comprovar a eficiência dos compostos analisados.

**Tabela 23** - Coeficientes de correlação de Pearson entre os compostos fenólicos totais, flavonóides totais e a atividade antioxidante (DPPH, ABTS<sup>+</sup>, FRAP e ORAC).

Variáveis	Fenólicos Totais	Flavonóides	ABTS <sup>+</sup>	DPPH	FRAP	ORAC
Fenólicos Totais	1					
Flavonóides	0,9786*	1				
ABTS <sup>+</sup>	-0,0939 <sup>ns</sup>	-0,1408 <sup>ns</sup>	1			
DPPH	0,7230*	0,7632*	-0,2443 <sup>ns</sup>	1		
FRAP	-0,0260 <sup>ns</sup>	-0,1106 <sup>ns</sup>	0,4025*	-0,6190*	1	
ORAC	0,5781*	0,6569*	-0,1228 <sup>ns</sup>	0,8687*	-0,6127*	1

\* Correlações significativas de 5% de probabilidade ( $0,01 \leq p < 0,05$ ).

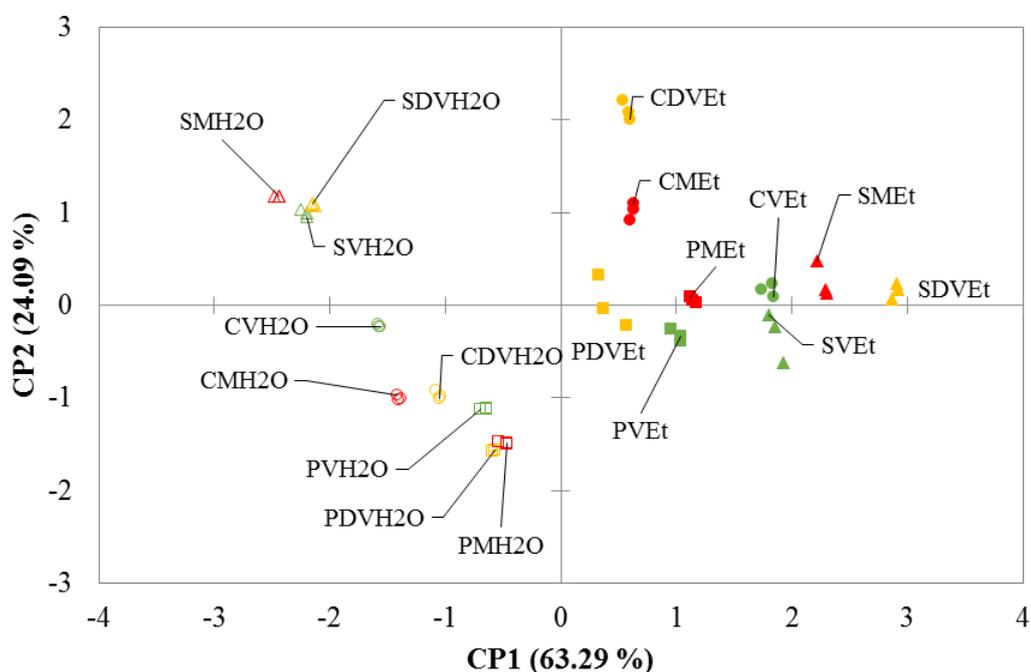
ns - correlação não significativa a  $p > 0,05$ .

Fonte: Próprio autor.

## 5.8 Análise de Componentes Principais (ACP)

Com intuito de resumir o conjunto de resultados mensurados, bem como facilitar a compreensão do comportamento dos dados amostrais foi realizado a aplicação da análise de componentes principais (PCA). A partir da matriz de correlação, a PCA foi utilizada para determinar a relação entre os diferentes solventes utilizados na extração de compostos bioativos e a atividade antioxidante nos diferentes estágios de maturação (Figura 11 e 12), além de avaliar a relação entre os carotenóides, clorofila, compostos fenólicos individuais, açúcares, ácidos orgânicos, taninos condensados e hidrolisáveis, ácido ascórbico e o  $\beta$ -caroteno (carotenóide HPLC) nas diferentes amostras de polpa, casca e semente de seriguela (Figura 13 e 14).

**Figura 11** - Escores da polpa, casca e semente nos três estágios de maturação nas duas primeiras componentes principais para os dados das análises de compostos fenólicos totais, flavonóides e atividade antioxidante.

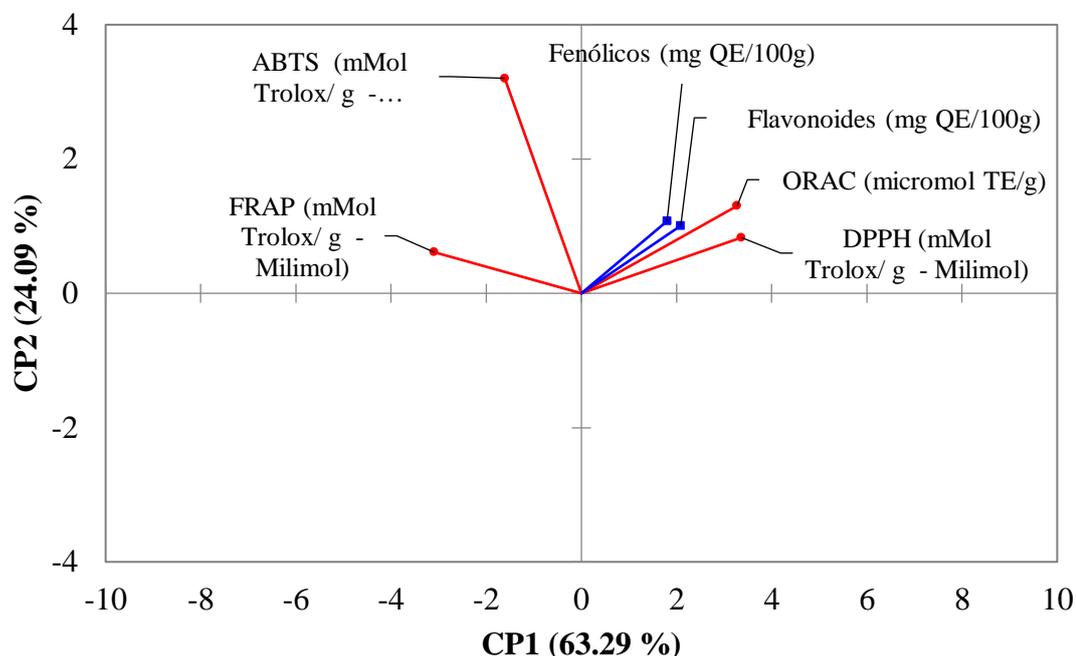


As formas geométricas coloridas preenchidas representam, as amostras de casca, polpa e semente nos diferentes estágios de maturação extraídas com etanol, enquanto as formas vazadas (sem preenchimento) representam as amostras extraídas com água pura. Fonte: Próprio autor.

Após a aplicação da análise de CP as duas primeiras componentes principal acumularam 87,38% da variância total dos dados (Figura 11 e 12), sendo suficiente para explicar os dados obtidos da análise da composição bioativa e a atividade antioxidante nos diferentes tratamentos.

De acordo com a tendência de separação o PC1 e PC2 explicaram 63,29% e 24,09% dos dados analisados, respectivamente.

**Figura 12** - Pesos da polpa, casca e semente nos três estágios de maturação nas duas primeiras componentes principais para os dados das análises de compostos fenólicos totais, flavonóides e atividade antioxidante.



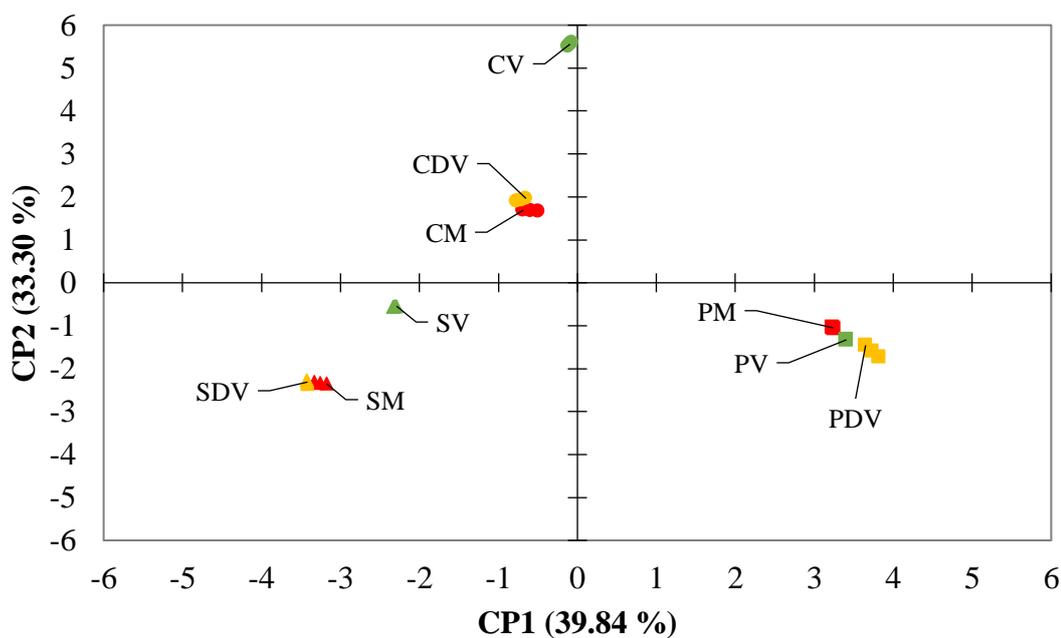
Fonte: Próprio autor.

O gráfico plotado (Figura 12) com os valores de carga ( $> 0.70$ ) indicaram as variáveis que apresentou maior contribuição para a separação dos tratamentos. Para o PC1 as variáveis que favoreceram a maior contribuição foram fenólicos totais, flavonóides, ORAC e DPPH positivamente, correlacionando-se no PC1 com as amostras extraídas utilizando a solução hidroalcoólica, enquanto as amostras com peso mais negativo representa a atividade antioxidante FRAP e ABTS<sup>+</sup>, ou seja, ao compara-se com a Figura 11, verifica-se que as sementes nos diferentes estágios de maturação, caracterizou-se por possuir o valor mais alto desta relação. Além disso, é possível observar que as amostras extraídas com água correlacionou-se positivamente no PC2 com 24,09% da variabilidade total do conjunto de dados. Em resumo, conforme o gráfico do PCA observa-se que o componente PC1 separou as diferentes partes da seriguela nos diferentes estágios em dois grupos, as amostras extraídas com solução hidroalcoólica das amostras que utilizaram água como solvente.

Quanto à aplicação da análise de componentes principais em relação aos compostos identificados por cromatografia líquida, observa-se (Figuras 13 e 14) que as componentes 1 e 2 (PC1 e PC2, respectivamente) explicaram 73,14% da variância obtida no experimento, onde a PC1 explicou 39,84% e a PC2 33,30%. As variáveis com maior contribuição para a separação dos tratamentos na PC1 com loading  $>0,70$  foram  $\beta$ -caroteno (carotenóide HPLC), ácido cítrico, ácido ascórbico, sacarose e o ácido fenólico protocatequico (loading positivo), enquanto os demais compostos foram alocados para o lado negativo do PC1.

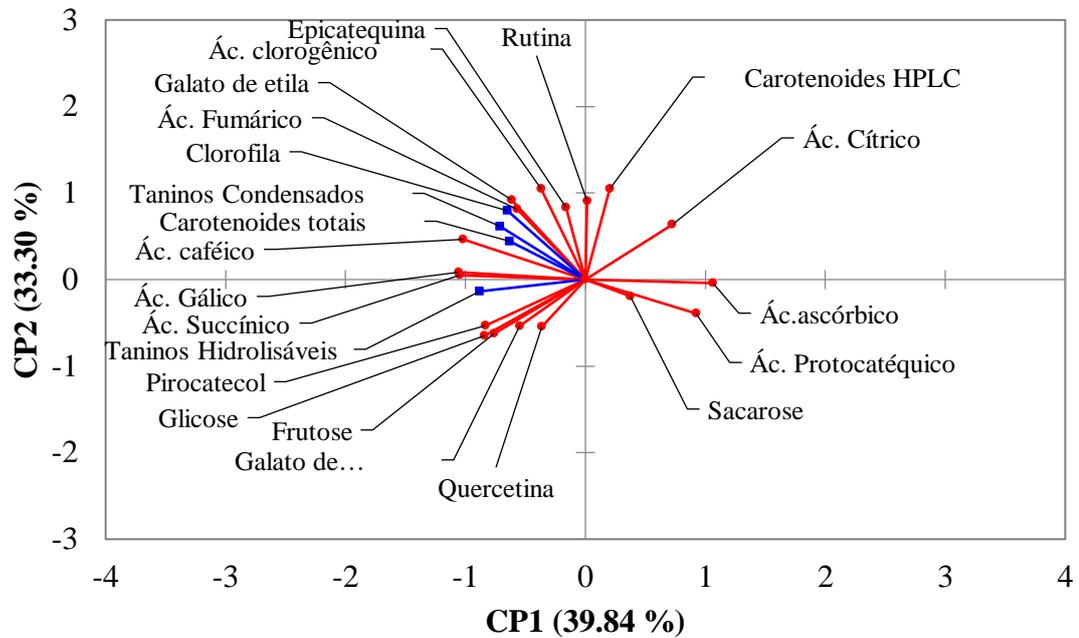
Quanto ao PC2 foi o principal eixo para a divisão entre as diferentes partes da seriguela, onde a semente e polpa ficaram distribuídas nos scores negativos, enquanto as amostras da casca ficaram alocadas do lado positivo do componente 2. Com base nos resultados observados verifica-se que as maiores contribuições dos compostos identificados estão presentes na casca e semente de seriguela, corroborando com tudo que já foi explanado anteriormente.

**Figura 13** - Escores da polpa, casca e semente nos três estágios de maturação nas duas primeiras componentes principais para os dados das análises dos diferentes compostos identificados por cromatografia líquida.



As formas geométricas coloridas representam as amostras de casca, polpa e semente nos diferentes estágios de maturação. Fonte: Próprio autor.

**Figura 14-** Pesos da polpa, casca e semente nos três estágios de maturação nas duas primeiras componentes principais para os dados das análises dos diferentes compostos identificados por cromatografia líquida.



Fonte: Próprio autor.

Neste aspecto, a análise do PCA demonstrou de forma clara a separação entre as amostras analisadas em função do efeito do solvente e das diferentes partes da fruta, o que contribui com os resultados já discutidos no decorrer deste trabalho.

## 6. CONCLUSÕES

- ✓ Os resultados do presente estudo indicam variação de diversos compostos durante a maturação, bem como nas frações dos frutos de seriguela, tal comportamento foi demonstrado pela maior parte das análises físico-químicas, compostos bioativos e atividade antioxidante.
- ✓ Os resultados mostraram que analisando a eficiência da extração utilizando mistura de solventes, percebe-se que a solução contendo quase 50% de etanol em meio acidificado apresentou maiores concentrações de compostos fenólicos e flavonóides em comparação com água pura.
- ✓ Os frutos de seriguela apresentaram alta concentração de compostos fenólicos totais e flavonoides, com resultados mais expressivos na semente e casca dos frutos.
- ✓ Dentre todos os métodos de atividade antioxidante DPPH<sup>•</sup>, ABTS<sup>•+</sup>, FRAP e ORAC, os extratos da semente e da casca de seriguela apresentaram a melhor capacidade antioxidante, enquanto que nos extratos da polpa, demonstraram menor atividade.
- ✓ Em sua maioria, os valores mais elevados de compostos bioativos e atividade antioxidante foram encontrados nos frutos em estágio de maturação verde e de “vez”.
- ✓ A identificação e quantificação de açúcares no HPLC-DAD reportaram resultados satisfatórios, sendo identificados os açúcares como sacarose, frutose e glicose. Os valores encontrados foram superiores no estágio maduro com destaque a semente que apresentou maior resultado para glicose e frutose, com exceção da sacarose que foi maior na polpa.
- ✓ Os ácidos orgânicos foram identificados e quantificados através do HPLC-DAD, com destaque para os ácidos cítrico, succínico e fumárico. A concentração dos ácidos aumentou durante a maturação.
- ✓ O ácido ascórbico foi identificado e quantificado em HPLC-DAD demonstrando que o fruto é uma excelente fonte de vitamina C, com destaque para a polpa.
- ✓ O  $\beta$ -caroteno foi identificado e quantificado no HPLC-DAD, com a maior quantidade encontrada nas cascas no estágio de maturação verde.
- ✓ A partir do sistema UFLC-DAD foi realizado a identificação e quantificação dos fenólicos individuais, no qual constatou a presença de treze compostos, sendo sete ácidos fenólicos, três flavanóis, e quatro flavonóis, dentre eles, ácido protocatecuico, ácido caféico, ácido gálico, ácido clorogênico, ácido sirínico, galato de etilo, epigallocatequina galato, epicatequina, pirocatecol, quercetina rutina, kaempferol-3-glucósido e quercetina-3-glucósido, em sua maioria, os valores mais elevados foram detectados na casca e semente destacando-se os estágios de maturação verde e de “vez”.

- ✓ Diante do exposto, esse estudo fornecer informações a respeito da serigueta, quanto a composição dos fitoquímicos, além dos compostos fenólicos individuais presentes nas frações dos frutos, o que auxilia na escolha do estágio de maturação de acordo com o interesse da indústria de alimentos e/ou de fármacos.

## **7. SUGESTÕES PARA PERQUISAS FUTURAS**

- ✓ Avaliar o perfil volátil da polpa de seriguela nos diferentes estágios de maturação através da técnica GC/MS.
- ✓ Avaliar a viabilidade celular através de teste de citotoxicidade;
- ✓ Analisar atividade microbiana dos extratos das diferentes partes da fruta nos três estágios de maturação.

## REFERÊNCIAS

- AOAC. **Official methods of analysis**. Association of Official Analytical Chemists, Washington D. C., 1984. p. 844-845.
- AUGUSTO, Pedro ED; CRISTIANINI, Marcelo; IBARZ, Albert. Effect of temperature on dynamic and steady-state shear rheological properties of siriguela (*Spondias purpurea* L.) pulp. **Journal of Food Engineering**, v. 108, n. 2, p. 283-289, 2012.
- AGRA, Maria de Fátima; FREITAS, Patrícia França de; BARBOSA-FILHO, José Maria. Synopsis of the plants known as medicinal and poisonous in Northeast of Brazil. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 17, n. 1, p. 114-140, 2007.
- AGUIAR, L. **b-caroteno, vitamina c e outras características de qualidade de acerola, caju e melão em utilização no melhoramento genético**. 97f (Doctoral dissertation, Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) -Universidade Federal do Ceará, Fortaleza), 2001.
- AGUILAR, C.N. Guitiérrez-Sánchez, G. Review: sources, properties, applications and potential uses of tannin acly hydrolase. **Food Sci. Tech. Int**, v. 5, p. 373-382, 2001.
- ARSHADI, M., Foroughifard, S., Gholtash, J. E., & Abbaspourrad, A. Preparation of iron nanoparticles-loaded *Spondias purpurea* seed waste as an excellent adsorbent for removal of phosphate from synthetic and natural waters. **Journal of colloid and interface science**, v. 452, p. 69-77, 2015.
- ALI, Astudillo-Maldonado, Y. I., Núñez-Colín, C. A., Valdez-Aguilar, L. A., Bautista-Baños, S., García-Vázquez, E., ... & Rivera-Cabrera, F. Sharanabasava, H., Sahu, A., & Bora, U. Indian medicinal herbs as sources of antioxidants. **Food Research International**, v. 41, n. 1, p. 1-15, 2008.
- ALIA-TEJACAL, I., Astudillo-Maldonado, Y. I., Núñez-Colín, C. A., Valdez-Aguilar, L. A., Bautista-Baños, S., García-Vázquez, E., ... & Rivera-Cabrera, F. Caracterización de frutos de ciruela mexicana (*Spondias purpurea* L.) del sur de México. **Revista fitotecnia mexicana**, v. 35, n. SPE5, p. 21-26, 2012
- ALOTHMAN, M.; BHAT, Rajeev; KARIM, A. A. Antioxidant capacity and phenolic content of selected tropical fruits from Malaysia, extracted with different solvents. **Food Chemistry**, v. 115, n. 3, p. 785-788, 2009
- ALBUQUERQUE, U. P., De Medeiros, P. M., De Almeida, A. L. S., Monteiro, J. M., Neto, E. M. D. F. L., de Melo, J. G., & Dos Santos, J. P. Medicinal plants of the caatinga (semi-arid) vegetation of NE Brazil: a quantitative approach. **Journal of ethnopharmacology**, 114(3), 325-354 2007.
- ALBUQUERQUE, J. G. D., Duarte, A. M., CONCEIÇÃO, M. L. D., & Aquino, J. D. S. Integral utilization of seriguela fruit (*Spondias purpurea* L.) in the production of cookies. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 38(3), 2016
- ALMEIDA, M. M. B., de Sousa, P. H. M., Arriaga, Â. M. C., do Prado, G. M., de Carvalho Magalhães, C. E., Maia, G. A., & de Lemos, T. L. G. Bioactive compounds and antioxidant

activity of fresh exotic fruits from northeastern Brazil. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 2155-2159, 2011.

APAK, R.; GÜÇLÜ, K.; DEMIRATA, B.; ÖZYÜREK, M.; ÇELİK, S.E.; BEKTAŞOĞLU, B.; BERKER, K.I.; ÖZYURT, D. Comparative evaluation of various total antioxidant capacity assays applied to phenolic compounds with the CUPRAC Assay, **Molecules**, v. 12, p. 1496-1547, 2007.

ANDRADE, J. K. S.; DENADAI, M.; DE OLIVEIRA, C. S.; NUNES, M. L.; NARAIN, N. Evaluation of bioactive compounds potential and antioxidant activity of brown, green and red propolis from Brazilian northeast region. **Food Research International**, v. 101, p. 129-138, 2017.

ANDREO, D. & Jorge, N. Antioxidantes naturais: técnicas de extração. B. do CEPPA, 2016 Disponível em: < <http://revistas.ufpr.br/alimentos/article/view/7489/5359>>. Acesso em: Novembro. 2019.

ANDRÉS-LACUEVA, C., Medina-Rejon, A., Llorach, R., Urpi-Sarda, M., Khan, N., Chiva-Blanch, G. & Lamuela-Raventos, R. M. Phenolic compounds: chemistry and occurrence in fruits and vegetables. **Fruit and vegetable phytochemicals: Chemistry, nutritional value and stability**, p. 53-80, 2010.

ANGELO, Priscila Milene; JORGE, Neuza. Compostos fenólicos em alimentos-uma breve revisão. **Revista do Instituto Adolfo Lutz (Impresso)**, 66(1), 01-09.2007

ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUICULTURA: **Brazilian Fruit Yearbook**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2017. Acesso em: 28 set. 2018.

AMIOT, MJ, Tacchini, M., Aubert, SY, & Oleszek, W. Influência da cultivar, estágio de maturação e condições de armazenamento na composição fenólica e no escurecimento enzimático de frutos de pera. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 43, n. 5, p. 1132-1137, 1995.

BAUBLIS, A.; DECKER, EA; CLYDESDALE, FM Efeito antioxidante de extratos aquosos de cereais de café da manhã prontos para o consumo à base de trigo. **Food Chemistry**, v. 68, n. 1, p. 1-6, 2000.

BAUTISTA-BAÑOS, S., Hernández-López, M., Díaz-Pérez, J. C., & Cano-Ochoa, C. F. Evaluation of the fungicidal properties of plant extracts to reduce *Rhizopus stolonifer* of 'ciruela' fruit (*Spondias purpurea* L.) during storage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 20, n. 1, p. 99-106, 2000.

BARCIA, M. T., Jacques, A. C., Pertuzatti, P. B., & Zambiasi, R. C. Determinação de ácido ascórbico e tocoferóis em frutas por CLAE. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, n. 2, p. 381-389, 2010.

BARRET, D. M.; SOMOGYI, L. P.; RAMASWAMY, H. S. **Processing fruits: science and technology**. 2nd ed., Boca Raton: CRC, 2005, 841p.

BABBAR, N., Oberoi, H. S., Uppal, D. S., & Patil, R. T. Total phenolic content and antioxidant capacity of extracts obtained from six important fruit residues. **Food Research International**, v. 44, n. 1, p. 391-396, 2011.

BENZIE, Iris FF; STRAIN, John J. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay. **Analytical Biochemistry**, v. 239, n. 1, p. 70-76, 1996.

BOSSO, A.; GUAITA, M.; PETROZZIELLO, M. Influence of solvents on the composition of condensed tannins in grape pomace seed extracts. **Food Chemistry**, 207, 162–169, 2016.

BRAVO, Laura. Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance. **Nutrition reviews**, v. 56, n. 11, p. 317-333, 1998.

CASS, Quezia; CASSIANO, Neila. **Cromatografia líquida: novas tendências e aplicações**. Elsevier Brasil, 2015.

CAPANOGLU, E., Kamiloglu, S., Ozkan, G., & Apak, R. Evaluation of antioxidant activity/capacity measurement methods for food products, Measurement of Antioxidant Activity and Capacity: Recent Trends and Applications, R, Apak, E, Capanoglu, & F, Shahidi, Editors., Chicester, United Kingdom: John Wiley & Sons Ltd, p. 273-286, 2018.

CHAN, K. W.; IQBAL, S.; KHONG, N. M. H.; OOI, D. J.; ISMAIL, M. Antioxidant activity of phenolics-saponins rich fraction prepared from defatted kenaf seed meal. **LWT - Food Science and Technology**, v. 56, n. 1, p. 181–186, 2014.

CHAVES, M. D. C. V., GOUVEIA, J. P. D., Almeida, F. A. C., Leite, J. C. A., & SILVA, F. D. Caracterização físico-química do suco da acerola. **Revista de biologia e ciências da terra**, v. 4, n. 2, p. 1-10, 2004.

COLLINS, C. H.; BRAGA, G. L.; BONATO, P. S. **Introdução a métodos cromatográficos**. Editora da UNICAMP, 2006.

CLERICI, M. T. P. S.; CARVALHO-SILVA, L. B. Nutritional bioactive compounds and technological aspects of minor fruits grown in Brazil. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 1658-1670, 2011.

CHAMORRO HERNÁNDEZ, Liliana. Caracterización físico-química del ovo (*Spondias purpurea* L) de Ambuquí. 2014.

CHITARRA, A. B.; ALVES, R. E. Tecnologia de pós-colheita para frutas tropicais. Fortaleza: **Instituto Frutal/Sindifruta**, v. 1, p. 314p, 2001.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. Qualidade pós-colheita. CHITARRA, MIF; CHITARRA, AB **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**, v. 2, p. 541-753, 2005.

CHEMAT, F., & Khan, MK. Aplicações do ultrassom na tecnologia de alimentos: processamento, preservação e extração. **Sonochemistry de ultra-som**, v. 18, n. 4, p. 813-835, 2011.

CUEVAS, J. A. Spanish plum, red mombin (*Spondias purpurea*). **Neglected crops**, v. 1492, p. 111-115, 1994.

DAVEY, MW, Montagu, MV, Inze, D., Sanmartin, M., Kanellis, A., Smirnoff, N., & Fletcher, J. Ácido ascórbico da planta L: química, função, metabolismo, biodisponibilidade e efeitos do processamento. **Jornal da Ciência da Alimentação e Agricultura**, v. 80, n. 7, p. 825-860, 2000.

DE SOUZA, M. D. S. M., LIMA, J. R., NASSU, R. T., MOURA, C. F. H., & BORGES, M. D. F. Formulações de néctares de frutas nativas das regiões Norte e Nordeste do Brasil. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 18, n. 2, 2000.

DELVA, Lemâne; GOODRICH-SCHNEIDER, Renée. Antioxidant activity and antimicrobial properties of phenolic extracts from acerola (*Malpighia emarginata* DC) fruit. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 48, n. 5, p. 1048-1056, 2013.

DI STASI, Luiz Claudio; HIRUMA-LIMA, Clélia Akiko. **Plantas medicinais na Amazônia e na Mata Atlântica**. Editora Unesp, 2002.

DOS ANJOS, T. B. O., Louback, E., Azevedo, A. A., & da Silva, L. C. Sensibility of *Spondias purpurea* L. (Anacardiaceae) exposed to fluoride-simulated fog. **Ecological Indicators**, v. 90, p. 154-163, 2018.

DUTRA, R. L. T., Dantas, A. M., de Araújo Marques, D., Batista, J. D. F., de Albuquerque Meireles, B. R. L., de Magalhães Cordeiro, Â. M. T., ... & Borges, G. D. S. C. Bioaccessibility and antioxidant activity of phenolic compounds in frozen pulps of Brazilian exotic fruits exposed to simulated gastrointestinal conditions. **Food Research International**, v. 100, p. 650-657, 2017.

ENGELS, Gräter, D., Esquivel, P., Jiménez, V. M., Gänzle, M. G., & Schieber, A. Characterization of phenolic compounds in jocote (*Spondias purpurea* L.) peels by ultra high-performance liquid chromatography/electrospray ionization mass spectrometry. **Food Research International**, v. 46, n. 2, p. 557-562, 2012.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Disponível em <<http://www.fao.org/economic>>

FERREIRA, Isabel CFR; ABREU, Rui. Stress oxidativo, antioxidantes e fitoquímicos. **Bioanálise**, p. 32-39, 2007.

FREIRE S., E. C. B., da Silva, F. V. G., dos Santos, A. F., & de Medeiros, I. F. Avaliação da qualidade de ciriguela (*Spondias purpurea*, L) em diferentes estádios de maturação. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 6, n. 2, p. 27-40, 2011

FILGUEIRAS, H. A. C., Alves, R. E., Moura, C. F. H., Oliveira, A. D., & Araújo, N. C. C. Calidad de frutas nativas de latinoamerica para indústria: ciruela mexicana (*Spondias purpurea* L.). In: **Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture**. p. 68-71. 2001

FURTADO, G. D. F., Silva, F. D., Porto, A. G., & Santos, P. D. Secagem de polpa de ciriguela pelo método de camada de espuma. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 12, n. 1, p. 9-14, 2010.

FRANKEL, Edwin N ; MEYER, Anne S. Os problemas do uso de métodos unidimensionais para avaliar alimentos multifuncionais e antioxidantes biológicos. **Jornal da Ciência da Alimentação e Agricultura** , v. 80, n. 13, p. 1925-1941, 2000

GACHET, M. S., Lecaro, J. S., Kaiser, M., Brun, R., Navarrete, H., Muñoz, R. A., Bauer, R., & Schühly, W. Assessment of anti-protozoal activity of plants traditionally used in Ecuador in the treatment of leishmaniasis. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 128, n. 1, p. 184-197, 2010.

GENOVESE, M. I., Da Silva Pinto, M., De Souza Schmidt Gonçalves, A. E., & Lajolo, F. M. Bioactive compounds and antioxidant capacity of exotic fruits and commercial frozen pulps from Brazil. **Food Science and Technology International**, v. 14, n. 3, p. 207-214, 2008.

GONÇALVES, B., Silva, A. P., Moutinho-Pereira, J., Bacelar, E., Rosa, E., & Meyer, A. S. Effect of ripeness and postharvest storage on the evolution of colour and anthocyanins in cherries (*Prunus avium* L.). **Food Chemistry**, v. 103, n. 3, p. 976-984, 2007.

GONZÁLEZ-AGUILAR, Gustavo A. et al. Improving antioxidant capacity of fresh-cut mangoes treated with UV-C. **Journal of Food Science**, v. 72, n. 3, p. S197-S202, 2007.

GONZALEZ-AGUILAR, G. Robles-Sánchez, R. M., Martínez-Téllez, M. A., Olivas, G. I., Alvarez-Parrilla, E., & De La Rosa, L. A. Bioactive compounds in fruits: health benefits and effect of storage conditions. **Stewart Postharvest Review**, v. 4, n. 3, p. 1-10, 2008.

GOMES, W. F., França, F. R. M., Denadai, M., Andrade, J. K. S., da Silva Oliveira, E. M., de Brito, E. S., ... & Narain, N. Effect of freeze-and spray-drying on physico-chemical characteristics, phenolic compounds and antioxidant activity of papaya pulp. **Journal of Food Science and Technology**, v. 55, n. 6, p. 2095-2102, 2018.

HAGE, D.S.; RUHN, P.F. An introduction to affinity chromatography. In: Hage DS, editor. Handbook of affinity chromatography. Boca Raton: Taylor & Francis Group; p 3-13, 2006.

HASLAM, E., Lilley, T.H. Natural astringency in foodstuffs – a molecular interpretation. **CRC Crit. Rev. Food Sci. Nut.** 27 (1): 1-40. 1988.

HERTOG MG, PM Sweetnam, AM Fehily, PC Elwood, D Kromhout, flavonóis antioxidantes e cardiopatia isquêmica em uma população galesa de homens: o Caerphilly Study, **The American Journal of Clinical Nutrition** , Volume 65, Edição 5, p 1489 –1494, 1997.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística Disponível em: [www.sidra.ibge.gov.br](http://www.sidra.ibge.gov.br) Acesso em 04 de fevereiro de 2020.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. 4. Ed. São Paulo, 2008.

IPECE. Disponível em: [www.ipece.ce.gov.br/wp](http://www.ipece.ce.gov.br/wp) Enfoque Economico N97\_15\_01\_2014.pdf, Acesso em 04 de fevereiro de 2020.

ISHAK S. A., Ismail, N., Noor, M. A. M., & Ahmad, H. Some physical and chemical properties of ambarella (*Spondias cytherea* Sonn.) at three different stages of maturity. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 18, n. 8, p. 819-827, 2005

KATZ, E., Lagunes, P. M., Riov, J., Weiss, D., & Goldschmidt, E. E. Molecular and physiological evidence suggests the existence of a system II-like pathway of ethylene production in non-climacteric Citrus fruit. **Planta**, v. 219, n. 2, p. 243-252, 2004.

KERBAUY, Gilberto B. Frutificação e amadurecimento. **Fisiologia Vegetal**. 2nd ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 2012

KIM, Y.K.; GUO, Q.; PACKER, L. Free radical scavenging activity of red giseng aqueous extracts. **Toxicology**, v. 172, p.149-156, 2002.

KING, A. M. Y.; YOUNG, Gloria. Characteristics and occurrence of phenolic phytochemicals. **Journal of the American Dietetic Association**, v. 99, n. 2, p. 213-218, 1999.

KOZIOŁ, Michael J.; MACÍA, Manuel J. Chemical composition, nutritional evaluation, and economic prospects of *Spondias purpurea* (Anacardiaceae). **Economic Botany**, v. 52, n. 4, p. 373-380, 1998.

KOHATSU, D. S., Zucareli, V., Brambilla, W. P., Evangelista, R. M., Ono, E. O., & da Silva, T. R. B.. Storage temperature and quality of red mombin fruits (*Spondias purpurea* L.). **Journal of Food, Agriculture & Environment**, v. 9, n. 3&4, p. 20-22, 2011.

KUSKOSKI, E. M., Asuero, A. G., Troncoso, A. M., Mancini-Filho, J., & Fett, R. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. **Food Science and Technology**, v. 25, n. 4, p. 726-732, 2005

LEE, Hyoung S. HPLC method for separation and determination of nonvolatile organic acids in orange juice. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 41, n. 11, p. 1991-1993, 1993.

LICHTENTHALER, H. K. **Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes**. Methods in enzymology, San Diego, v. 148, p. 362-385, 1987.

LIRA Júnior, J. S., Bezerra, J. E., Lederman, I. E., & de Moura, R. J. Produção e características físico-químicas de clones de cirigueleira na Zona da Mata Norte de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 5, n. 1, 2010.

LIU, Frances F.; ANG, Catharina YW; SPRINGER, Dietmar. Optimization of extraction conditions for active components in *Hypericum perforatum* using response surface methodology. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, n. 8, p. 3364-3371, 2000.

LORENZI, Harri. **Frutas brasileiras e exóticas cultivadas: de consumo *in natura***. Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2006.

MATTIETTO, R. de A.; LOPES, A. S.; DE MENEZES, H. C. Caracterização física e físico-química dos frutos da cajazeira (*Spondias mombin* L.) e de suas polpas obtidas por dois tipos de extrator. Embrapa Amazônia Oriental-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2010

MARTINS, L. P.; SILVA, S. M.; ALVES, R. E.; FILGUEIRAS, H. A. C. Fisiologia do dano pelo frio em ciriguela (*Spondias purpurea* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**. v. 25, n. 1, p. 23-26, 2003.

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

MEDA, A., Lamien, C. E., Romito, M., Millogo, J., & Nacoulma, O. G. Determination of the total phenolic, flavonoid and proline contents in Burkina Fasan honey, as well as their radical scavenging activity. **Food Chemistry**, v. 91, n. 3, p. 571-577, 2005.

MELO, E.A.; MACIEL, M. I. S., LIMA, V. L. A. G., & do NASCIMENTO, R. J. Capacidade antioxidante de frutas. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, 44(2), 193-201, 2008.

MELÉNDEZ-MARTÍNEZ, A. J., Vicario, I. M., e Heredia, F. J. Application of tristimulus colorimetry to estimate the carotenoids content in ultrafrozen orange juices. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 51(25), 7266-7270, 2003.

MILLER, N. J., Rice-Evans, C., Davies, M. J., Gopinathan, V., & Milner, A. A novel method for measuring antioxidant capacity and its application to monitoring the antioxidant status in premature neonates. **Clinical Science**, v. 84, n. 4, p. 407-412, 1993.

MILLER, Allison J.; KNOUFT, Jason H. GIS-based characterization of the geographic distributions of wild and cultivated populations of the Mesoamerican fruit tree *Spondias purpurea* (Anacardiaceae). **American Journal of Botany**, v. 93, n. 12, p. 1757-1767, 2006.

MOO-HUCHIN, V. M., Moo-Huchin, M. I., Estrada-León, R. J., Cuevas-Glory, L., Estrada-Mota, I. A., Ortiz-Vázquez, E., ... & Sauri-Duch, E. Antioxidant compounds, antioxidant activity and phenolic content in peel from three tropical fruits from Yucatan, Mexico. **Food Chemistry**, v. 166, p. 17-22, 2015.

MOURE, A., Cruz, JM, Franco, D., Domínguez, JM, Sineiro, J., Domínguez, H. & Parajó, JC. Antioxidantes naturais de fontes residuais. **Química de Alimentos**, v. 72, n. 2, p. 145-171, 2001.

MONAGAS, M.; BARTOLOME, B.; GOMEZ-CORDOVES, C. Updated knowledge about the presence of phenolic compounds in wine. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.45, n.2, p.85–118, 2005.

MONTALVO-GONZÁLEZE, E., García, H. S., Mata-Montes de Oca, M., & Tovar-Gómez, B. Efecto de la luz en ciruela mexicana manejada em diferentes condiciones de almacenamiento Effect of light on Mexican plum stored under different storage conditions. **CyTA-Journal of Food**, v. 9, n. 1, p. 65-70, 2011.

MURUGAN, Rajan; Chandran, Rahul; PARIMELAZHAGAN, Thangaraj. Efeito da digestão gastrointestinal simulada in vitro de *Phoenix loureirii* nas atividades polifenólicas, antioxidantes e inibidoras da acetilcolinesterase. **LWT**, v. 74, p. 363-370, 2016.

MUNIZ, C. R., Borges, M. D. F., DE ABREU, F. A. P., Nassu, R. T., & DE FREITAS, C. A. S. Bebidas fermentadas a partir de frutos tropicais. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 20, n. 2, 2002.

NACZK, Marian; SHAHIDI, Fereidoon. Fenólicos em cereais, frutas e legumes: ocorrência, extração e análise. **Revista de Análise Farmacêutica e Biomédica**, v. 41, n. 5, p. 1523-1542, 2006.

NACZK, Marian; SHAHIDI, Fereidoon. Extraction and analysis of phenolics in food. **Journal of Chromatography A**, v. 1054, n. 1-2, p. 95-111, 2004

NERIS, Thamires Santos; LOSS, Raquel Aparecida; GUEDES, Sumaya Ferreira. Caracterização físico-química da seriguela (*Spondias purpurea* L.) coletadas no município de Barra do Bugres/MT em diferentes estágios de maturação. **Natural Resources**, v. 7, n. 1, p. 9-18, 2017.

NOGUEIRA, R.J.M.C.; MORAES, J.A.P.V. DE; BURITIY, H.A.; SILVA JÚNIOR, J.F. DA S. Efeito do estágio de maturação dos frutos nas características físico-químicas de acerola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.4, p.463-470, 2002.

OLIVEIRA, D. M. D., & Bastos, D. H. M. Biodisponibilidade de ácidos fenólicos. **Quimica Nova**, v. 34, n. 6, p. 1051-1056, 2011.

OMENA, C. M. B., Valentim, I. B., Guedes, G. D. S., Rabelo, L. A., Mano, C. M., Bechara, E. J. H., ... & Sant'Ana, A. E. G. Antioxidant, anti-acetylcholinesterase and cytotoxic activities of ethanol extracts of peel, pulp and seeds of exotic Brazilian fruits: antioxidant, anti-acetylcholinesterase and cytotoxic activities in fruits. **Food Research International**, v. 49, n. 1, p. 334-344, 2012.

PANSERA, M.R.; Santos, A.C.A.; Paese, K.; Wasum, R.; Rossato, M.; Rota, L.D.; Pauletti, G.F.; Serafini, L.A. Análise de taninos totais em plantas aromáticas e medicinais cultivadas no nordeste do Rio Grande do Sul, **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 13, p. 17-22; 2003

PEREIRA, J. M. D. A. K., Oliveira, K. A. M., SOARES, N. D. F. F., GONÇALVES, M. P. J. C., PINTO, C. L. O., & FONTES, E. A. F. Avaliação da qualidade físico-química, microbiológica e microscópica de polpas de frutas congeladas comercializadas na cidade de Viçosa-MG. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 17, n. 4, p. 437-442, 2009

PÉREZ-JIMÉNEZ, Jara; SAURA-CALIXTO, Fulgencio. Effect of solvent and certain food constituents on different antioxidant capacity assays. **Food Research International**, v. 39, n. 7, p. 791-800, 2006.

PÉREZ-JIMÉNEZ, J., Arranz, S., Tabernero, M., Díaz-Rubio, ME, Serrano, J., Goñi, I., & Saura-Calixto, F. Metodologia atualizada para determinar a capacidade antioxidante em alimentos, óleos e bebidas vegetais: extração, medição e expressão de resultados. **Food Research international**, v. 41, n. 3, p. 274-285, 2008.

POPENOE, J. The genus *Spondias* in Florida. In: **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**. p. 277-279; 1980.

PRASANNA, V.; PRABHA, T. N.; THARANATHAN, R. N. Fruit ripening phenomena—an overview. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 47, n. 1, p. 1-19, 2007.

RAO, A. V., & Rao, L. G. Carotenoids and human health. **Pharmacological Research**, 55(3), 207-216, 2007.

RAJAN, M., Ferreira Barbosa, P., Carvalho Gualberto, N., de Oliveira, CS, Santos Leite Neta, MT, & Narain, N. Optimization and method validation of determining polyphenolic compounds by UFLC-DAD system using two biphenyl and pentafluorophenylpropyl columns. **Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies**, v. 42, n. 11-12, p. 351-357, 2019.

Ramos, K. R. D. L. P. (2013). **Avaliação da atividade antidiarreica de *Spondias purpurea* L.(Anacardiaceae) em modelos animais**. Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-graduação em Ciências Farmacêuticas, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, Paraíba, 2013.

RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGEMNTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICE-EVANS, C. Antioxidant activity applying and improved ABTS<sup>+</sup> radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology Medicine**, v.26, p.1234-1237, 1999.

REIS, L. C., Carneiro, L. M., Branco, C. R., & Branco, A. Comparison of conventional microwave and focused microwave-assisted extraction to enhance the efficiency of the extraction of antioxidant Flavonols from Jocote pomace (*Spondias purpurea* L.). **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 70, n. 2, p. 160-169, 2015

REZENDE, Yara Rafaella Ribeiro Santos; NOGUEIRA, Juliete Pedreira; NARAIN, Narendra. Comparison and optimization of conventional and ultrasound assisted extraction for bioactive compounds and antioxidant activity from agro-industrial acerola (*Malpighia emarginata* DC) residue. **LWT-Food Science and Technology**, v. 85, p. 158-169, 2017.

RODRIGUEZ-AMAYA, Delia B. Carotenoides y preparación de alimentos: La retención de los Carotenoides Provitamina A en alimentos preparados, procesados y almacenados. Agencia para el Desarrollo Internacional de los Estados Unidos, 1999.

RODRÍGUEZ-CARPENA, Javier-Germán et al. Avocado (*Persea americana* Mill.) phenolics, in vitro antioxidant and antimicrobial activities, and inhibition of lipid and protein oxidation in porcine patties. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 59, n. 10, p. 5625-5635, 2011.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Brazil: a bounty of carotenoid sources. **Sight and Life Newsletter**, v. 4, p. 3-9, 2002.

RODRIGUES, S., Fernandes, FA, de Brito, ES, Sousa, AD, & Narain, N. Ultrasound extraction of phenolics and anthocyanins from jabuticaba peel. **Industrial Crops and Products**, v. 69, p. 400-407, 2015.

RUFINO, M.S. M., Alves, R. E., de Brito, E. S., Pérez-Jiménez, J., Saura-Calixto, F., & Mancini-Filho, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 121, n. 4, p. 996-1002, 2010.

RHAZI, N., Hannache, H., Oumam, M., Sesbou, A., Charrier, B., Pizzi, A., & Charrier-El Bouhtoury, F. Green extraction process of tannins obtained from Moroccan Acacia mollissima barks by microwave: Modeling and optimization of the process using the response surface methodology RSM. **Arabian Journal of Chemistry** 2015.

SAAD, H., Charrier-El Bouhtoury, F., Pizzi, A., Rode, K., Charrier, B., & Ayed, N. Characterization of pomegranate peels tannin extractives. **Industrial Crops and Products**, 2012.

SAMPAIO, S. A.; BORA, P. S.; HOLSCUH, H. J.; SILVA, S.M. Postharvest respiratory activity and changes in some chemical constituents during maturation of yellow mombin (*Spondias mombin*) fruit. **Food Science and Technology**, v. 27, n. 3, p. 511-515, 2007.

SAMPAIO, S. A.; BORA, P. S.; HOLSCHUH, H. J. Postharvest respiration and maturation of some lesser-known exotic fruits from Brazil—ciriguela (*Spondias purpurea* L.). **Revista Ceres**, v. 55, n. 2, p. 141-145, 2008.

Scalbert, A., Monties, B., & Janin, G. Tannins in wood: comparison of different estimation methods. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 37(5), 1324–1329. 1989.

SILVA, PT da; LOPES, Maria Lúcia Mendes; VALENTE-MESQUITA, Vera Lúcia. Efeito de diferentes processamentos sobre o teor de ácido ascórbico em suco de laranja utilizado na elaboração de bolo, pudim e geléia. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 3, p. 678-682, 2006.

SILVA, M. L. C.; COSTA, R. S.; SANTANA A. dos S.; KOBLITZ, M. G. B. Compostos fenólicos, carotenóides e atividade antioxidante em produtos vegetais. *Ciências Agrárias*, Londrina, v. 31, n. 3, p. 669-682, jul./set. 2010.

SILVA, Q. J., MOREIRA, A. C. C. G., Melo, E. A., & Lima, V. L. A. G. COMPOSTOS FENÓLICOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE GENÓTIPOS DE CIRIGUELAS (*SPONDIA PURPUREA* L.) Phenolic compounds and antioxidant activity of red mombin genotypes (*Spondia purpurea* L.). **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 23, n. 1, p. 73-80, 2012.

SILVA, L. M. R., de Figueiredo, E. A. T., Ricardo, N. M. P. S., Vieira, I. G. P., de Figueiredo, R. W., Brasil, I. M., & Gomes, C. L. Quantification of bioactive compounds in pulps and by-products of tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 143, p. 398-404, 2014.

SILVA, R. V., Costa, S. C., Branco, C. R., & Branco, A. In vitro photoprotective activity of the *Spondias purpurea* L. peel crude extract and its incorporation in a pharmaceutical formulation. **Industrial Crops and Products**, v. 83, p. 509-514, 2016.

SINGLETON, V.L.; ROSSI, J.A. Colorimetric of total phenolics with hosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **American Journal Enol. Vitic.** v. 16, p. 144-58, 1965.

SOTO, M. L., Moure, A., Domínguez, H., & Parajó, J. C. Recovery, concentration and purification of phenolic compounds by adsorption: a review. **Journal of Food Engineering**, v. 105, n. 1, p. 1-27, 2011.

SOUZA Filho, M. S. M., Lima, J. R., Nassu, R. T., Borges, M. D. F., & Moura, C. F. Avaliação físico-química e sensorial de néctares de frutas nativas da região Norte e Nordeste do Brasil: estudo exploratório. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 5, p. 139-143, 2002.

SOUSA, M. S. B.; VIEIRA, L. M., SILVA, M. D. J. M., & LIMA, A. Caracterização nutricional e compostos antioxidantes em resíduos de polpas de frutas tropicais. **Ciência e Agrotecnologia**, 35(3). 2011a.

SOUSA, M. S. B.; VIEIRA, L. M.; LIMA, A. Fenólicos totais e capacidade antioxidante in vitro de resíduos de polpas de frutas tropicais. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 14, n. 3, p. 202-210, 2011b.

SOUZA FILHO, A. P. S.; TREZZI, M. M.; INOUE, M. H. Sementes como fonte alternativa de substâncias químicas com atividade alelopática. **Embrapa Amazônia Oriental**, 2011c.

SOLORZANO-MORÁN, S., Alia-Tejacal, I., Rivera-Cabrera, F., López-Martínez, V., Pérez-Flores, L. J., Pelayo-Zaldívar, C., ... & Maldonado-Astudillo, Y. I. Quality attributes and functional compounds of Mexican plum (*Spondias purpurea* L.) **Fruit Ecotypes. Fruits**, v. 70, n. 5, p. 261-270, 2015.

SCHERER, R., Rybka, A. C. P., & Godoy, H. T. Determinação simultânea dos ácidos orgânicos tartárico, málico, ascórbico e cítrico em polpas de acerola, açaí e caju e avaliação da estabilidade em sucos de caju. **Química Nova**, 2008.

SHEABAR, Fayad Z.; NEEMAN, Ishak. Separação e concentração de antioxidantes naturais da violação de azeitonas. **Jornal da Sociedade Americana de Químicos de Petróleo**, v. 65, n. 6, p. 990-993, 1988.

SHAHIDI, Fereidoon; AMBIGAIPALAN, Priyatharini. Fenólicos e polifenólicos em alimentos, bebidas e especiarias: atividade antioxidante e efeitos na saúde - Uma revisão. **Journal of Functional Foods**, v. 18, p. 820-897, 2015.

STREIT, N. M., Canterle, L. P., do Canto, M. W., & Hecktheuer, L. H. H. As clorofilas. **Ciência Rural**, 35(3), 748-755 2005.

SVOBODOVÁ, A., Psotová, J., & Walterová, D. Natural phenolics in the prevention of UV-induced skin damage. A review. **Biomed Pap Med Fac Univ Palacky Olomouc Czech Repub**, v. 147, n. 2, p. 137-145, 2003.

THAIPONG, K.; BOONPRAKOB, U.; CROSBY, K.; CISNEROS-ZEVALLOS, L.; BURNE, D. H. Comparison of ABTS<sup>+</sup>, DPPH·, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 19, p. 669-675, 2006.

TIBURSKI, J. H., Rosenthal, A., Deliza, R., de Oliveira Godoy, R. L., & Pacheco, S. Nutritional properties of yellow mombin. (*Spondias mombin* L.) pulp. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 2326-2331, 2011.

VALENTE, A., Albuquerque, T. G., Sanches-Silva, A., & Costa, H. S. Ascorbic acid content in exotic fruits: A contribution to produce quality data for food composition databases. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 2237-2242, 2011.

VARGAS, A. S., JUÁREZ-LÓPEZ, P. O. R. F. I. R. I. O., LÓPEZ-MARTÍNEZ, V. Í. C. T. O. R., FLORES, L. J. P., SÁNCHEZ, D. G., & ALIA-TEJACAL, I. R. Á. N.. Botânica e fisiologia/botany and physiology antioxidant activity and physicochemical parameters in 'cuernavaqueña' mexican plum (*Spondias purpurea* L.) at different ripening stages. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 39, n. 4, 2017.

VARGAS-SIMÓN, Georgina. Ciruela/Mexican Plum—*Spondias purpurea* L. In: Exotic Fruits. Academic Press, 2018. p. 141-152.

VETRANI, C., Costabile, G., Di Marino, L., & Rivellese, A. A. . Nutrition and oxidative stress: a systematic review of human studies. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 64, n. 3, p. 312-326, 2013.

VINCI, G., Botrè, F., Mele, G., & Ruggieri, G. Ascorbic acid in exotic fruits: a liquid chromatographic investigation. **Food Chemistry**, v. 53, n. 2, p. 211-214, 1995.

VILLA - HERNÁNDEZ, JM, Mendoza - Cardoso, G., Mendoza - Espinoza, JA, Vela - Hinojosa, C., Díaz de León - Sánchez, F., Rivera - Cabrera, F., ... & Pérez - Flores, LJ. Capacidade antioxidante in vitro e in vivo de vários ecótipos de ameixa mexicana (*Spondias purpurea* L.). **Journal of Food Science** , v. 82, n. 11, p. 2576-2582, 2017.

VILLA-RODRÍGUEZ, J. A., Molina-Corral, F. J., Ayala-Zavala, J. F., Olivas, G. I., & González-Aguilar, G. A. Efeito do estágio de maturidade no teor de ácidos graxos e na atividade antioxidante do abacate 'Hass'. **Food Research International** , v. 44, n. 5, p. 1231-1237, 2011

VIZZOTTO, M.; PEREIRA, M. C. Amora-preta (*Rubus* sp.): otimização do processo de extração para determinação de compostos fenólicos antioxidantes. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 33(4), 1209-1214. 2011.

ZEKOVIĆ, Z.; BUŠIĆ, A.; KOMES, D.; VLADIĆ, J.; ADAMOVIĆ, D.; PAVLIĆ, B. Coriander seeds processing: Sequential extraction of non-polar and polar fractions using supercritical carbon dioxide extraction and ultrasound-assisted extraction. **Food and Bioproducts Processing**, v. 95, p. 218–227, 2015.

ZIELINSKI, A. A. F., Ávila, S., Ito, V., Nogueira, A., Wosiacki, G., & Haminiuk, C. W. I. The association between chromaticity, phenolics, carotenoids, and in vitro antioxidant activity of frozen fruit pulp in Brazil: an application of chemometrics. **Journal of Food Science**, v. 79, n. 4, p. C510-C516, 2014.

ZHISHEN, Jia; MENGCHENG, Tang; JIANMING, Wu. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. **Food Chemistry**, v. 64, n. 4, p. 555-559, 1999.

**ANEXO 1: REGISTRO DE TOMBAMENTO DA EXSICATA DE SERIGUELA  
(*SPONDIAS PURPUREA* L.)**



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA  
**Herbário da Universidade Federal de Sergipe – ASE**



## DECLARAÇÃO

Declaro para os fins que foi tombada uma exsicata no acervo do Herbário da Universidade Federal de Sergipe (ASE), sob o número ASE42179, referente à planta coletada pela pesquisadora Paula Ferreira Barbosa, sob orientação do professor Narendra Narain.

A amostra, obtida em 21/10/2019 nas coordenadas geográficas 10°01'34.4"S, 36°57'47.7"W, localizado no povoado Escurial, cidade de Nossa Senhora de Lourdes, pertence à espécie *Spondias purpurea* L. (Anacardiaceae) e é conhecida popularmente como "seriguela".

A exsicata está à disposição da comunidade científica para todas e quaisquer eventuais consultas.

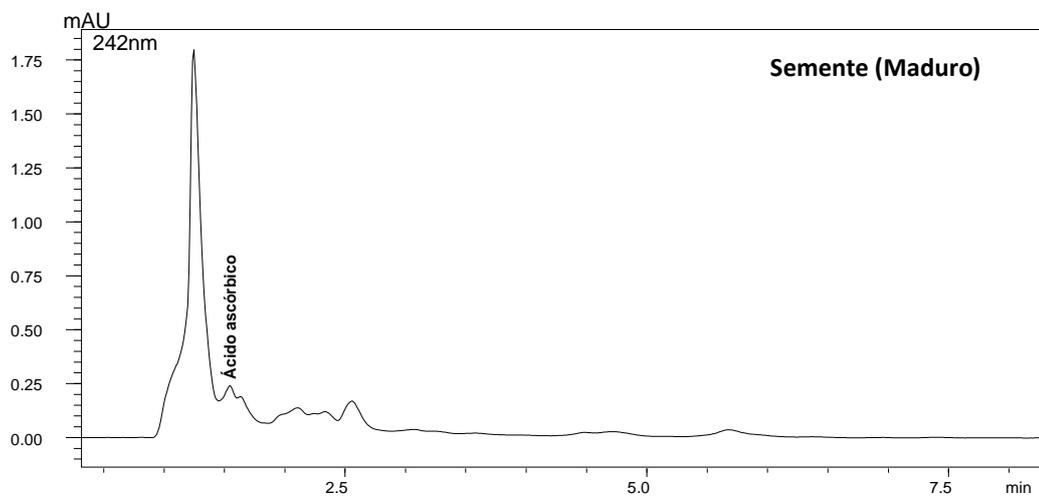
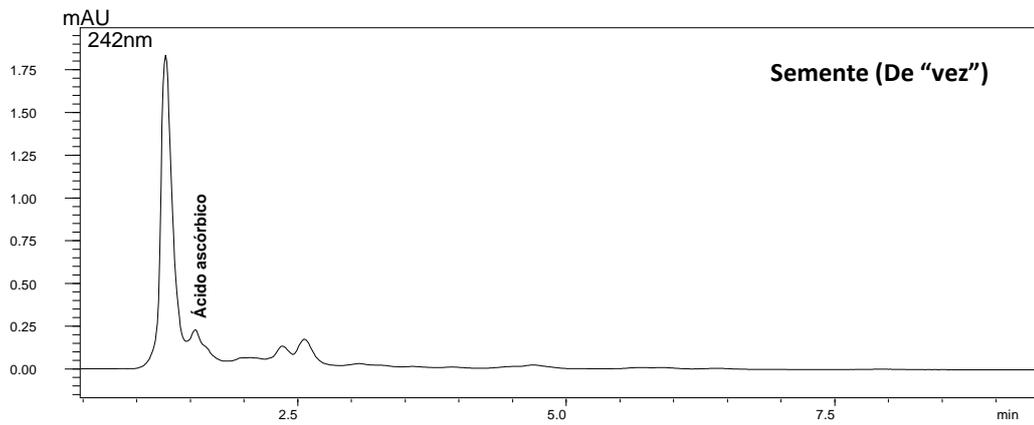
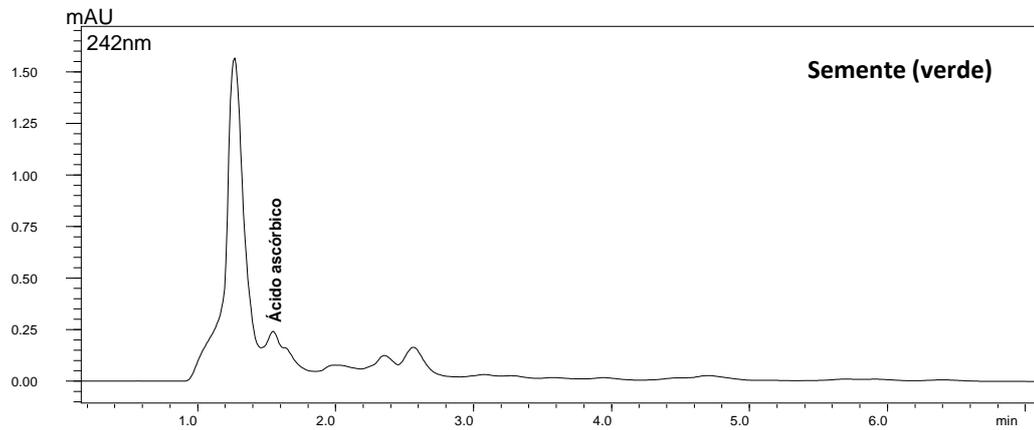
Por ser verdade, firmo a presente.

São Cristóvão, 05 de fevereiro de 2020.

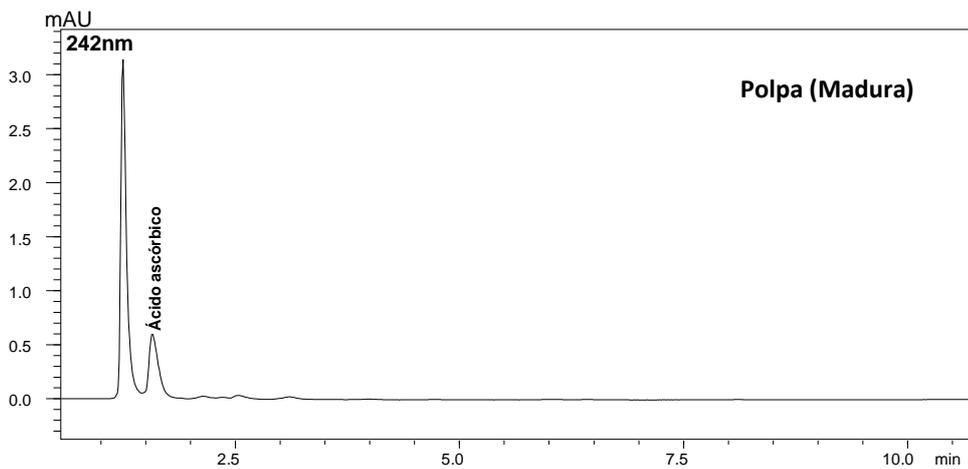
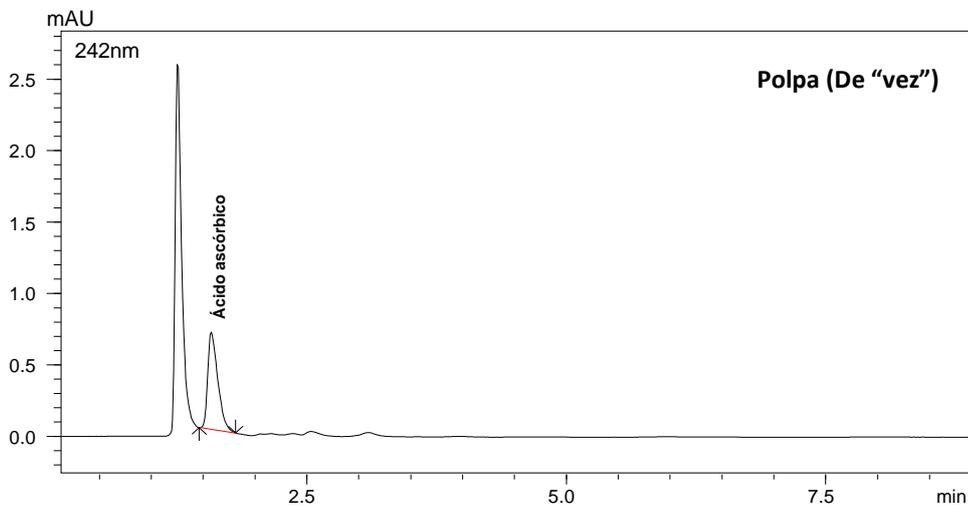
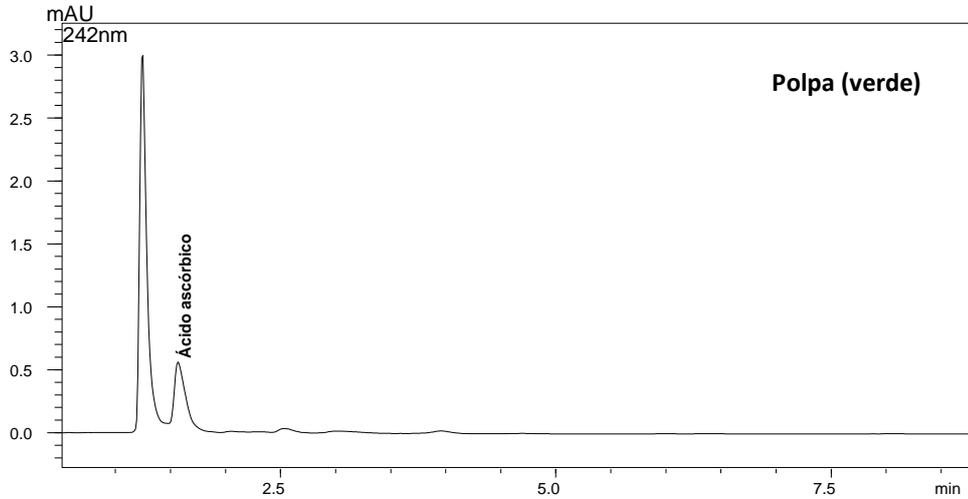
Prof.ª. Dr.ª. Marla Ibrahim Uehbe de Oliveira  
Curadora do Herbário ASE

Prof.ª. Dr.ª. Marla I. Uehbe de Oliveira  
Curadora do Herbário ASE/DB/UFS  
SIAPE nº 2381793

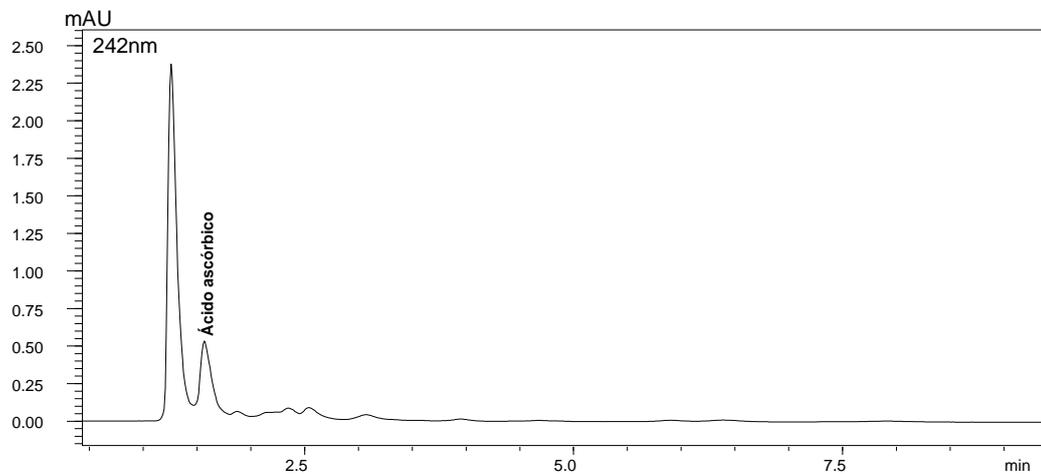
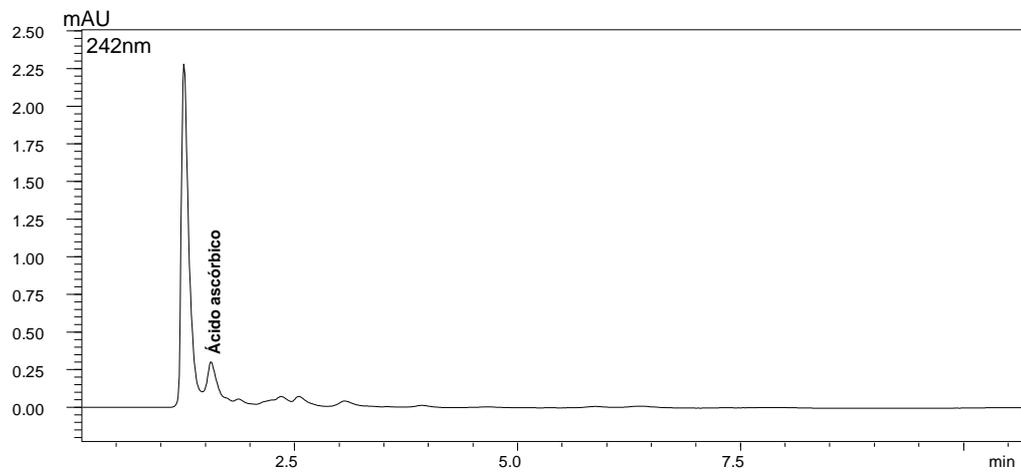
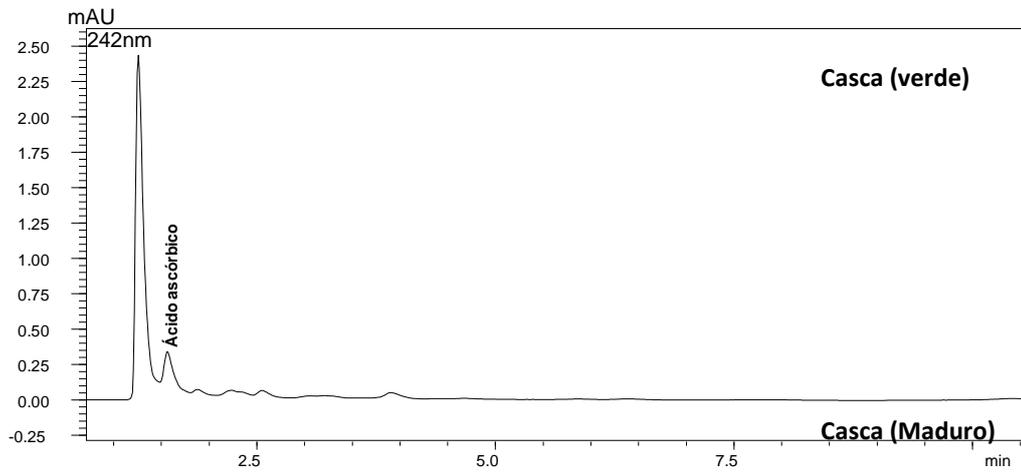
**APÊNDICE A: CROMATOGRAMAS DO ÁCIDO ASCÓRBICO – HPLC-DAD (UV 242 nm) NA SEMENTE DE SERIGUELA NOS TRÊS ESTÁGIOS DE MATURAÇÃO**



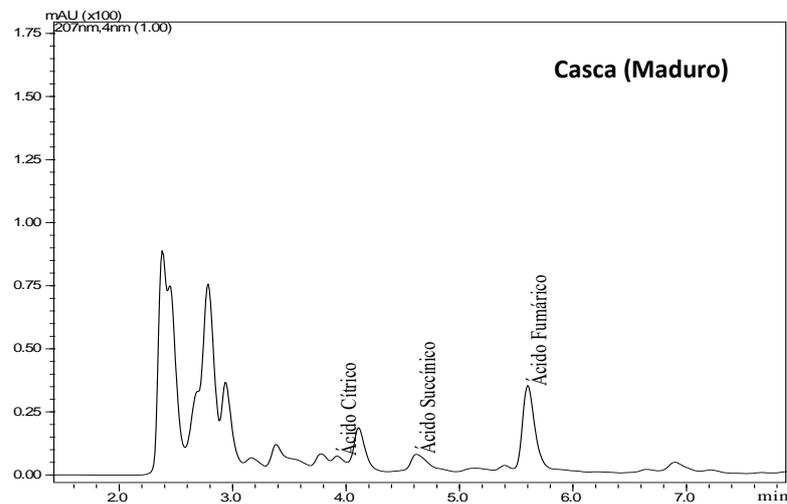
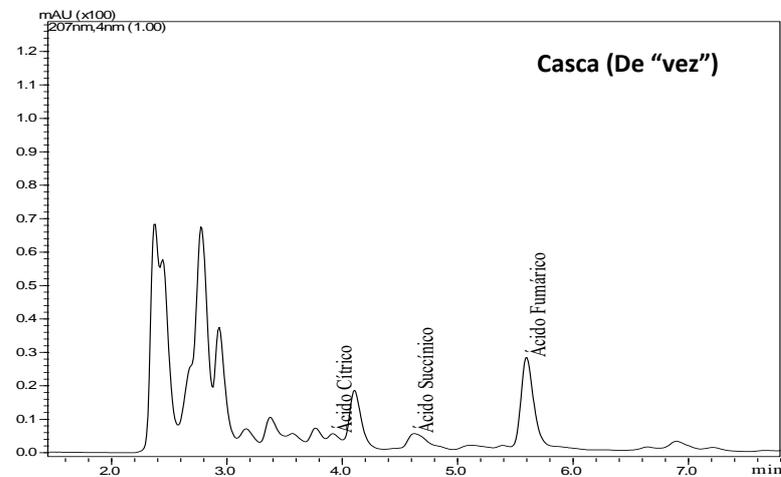
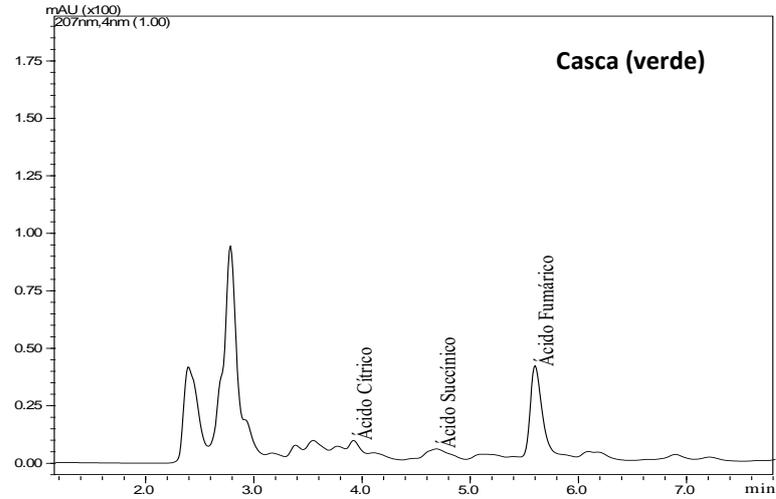
**APÊNDICE B: CROMATOGRAMAS DO ÁCIDO ASCÓRBICO – HPLC-DAD (UV 242 nm) NA POLPA DE SERIGUELA NOS TRÊS ESTÁGIOS DE MATURAÇÃO**



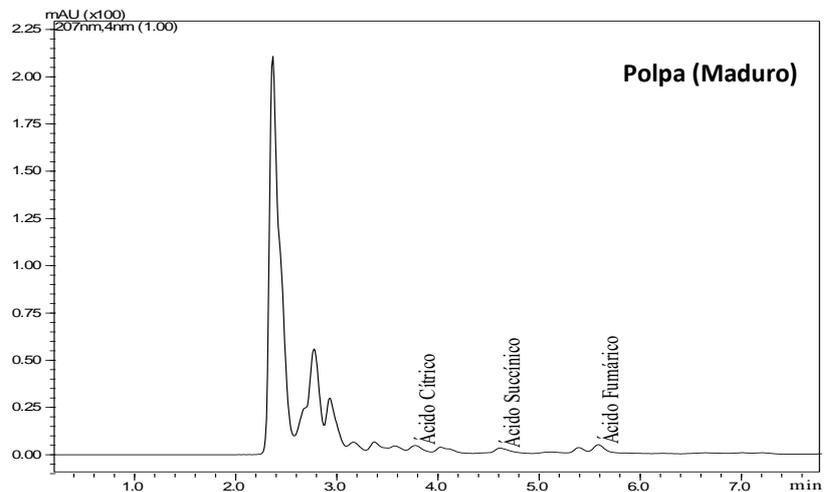
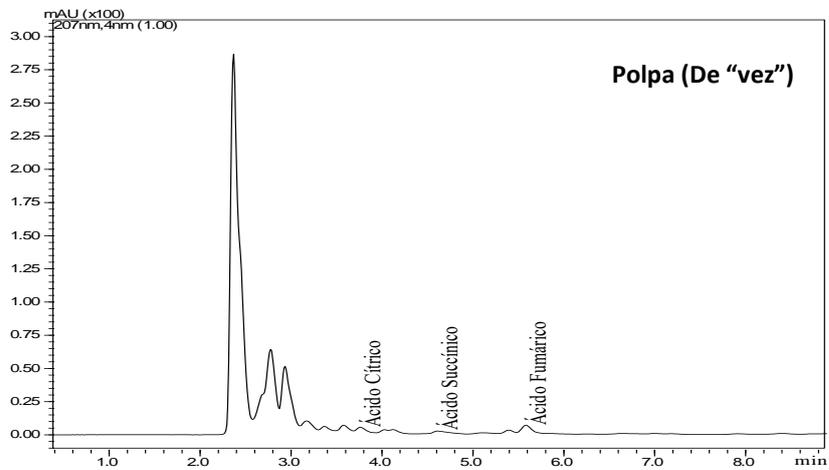
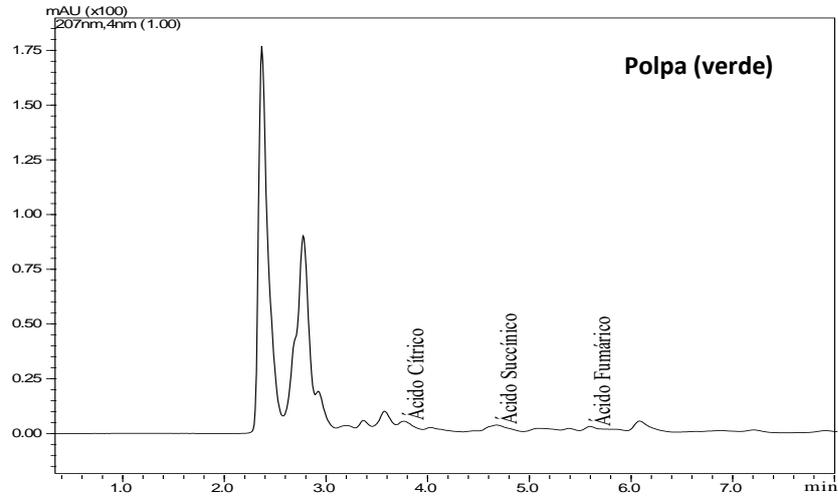
**APÊNDICE C: CROMATOGRAMAS DO ÁCIDO ASCÓRBICO – HPLC-DAD (UV 242 nm) NA CASCA DE SERIGUELA NOS TRÊS ESTÁGIOS DE MATURAÇÃO**



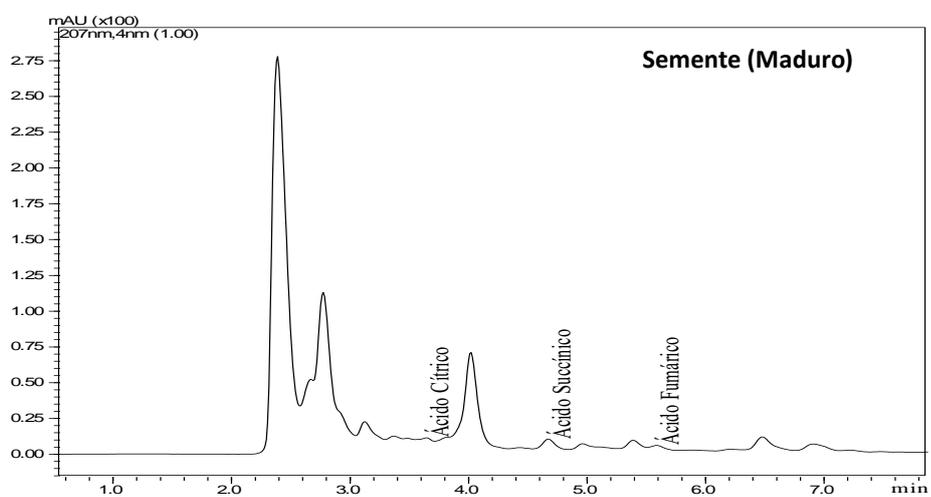
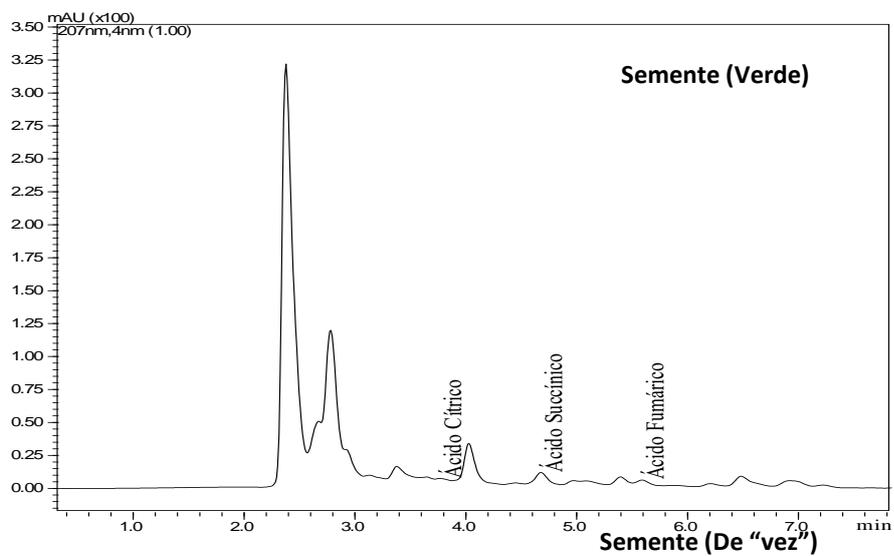
## APÊNDICE D: CROMATOGRAMAS DOS ÁCIDOS ORGÂNICOS – HPLC-DAD (UV 207 nm) NA CASCA DE SERIGUELA NOS TRÊS ESTÁGIOS DE MATURAÇÃO



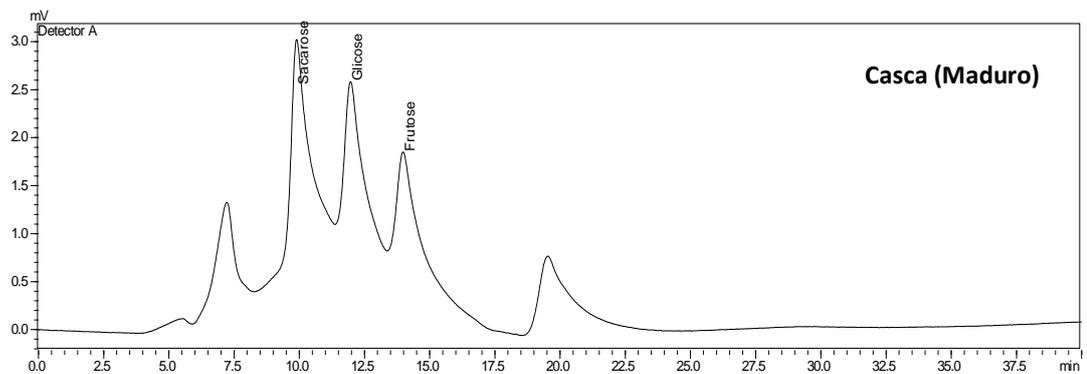
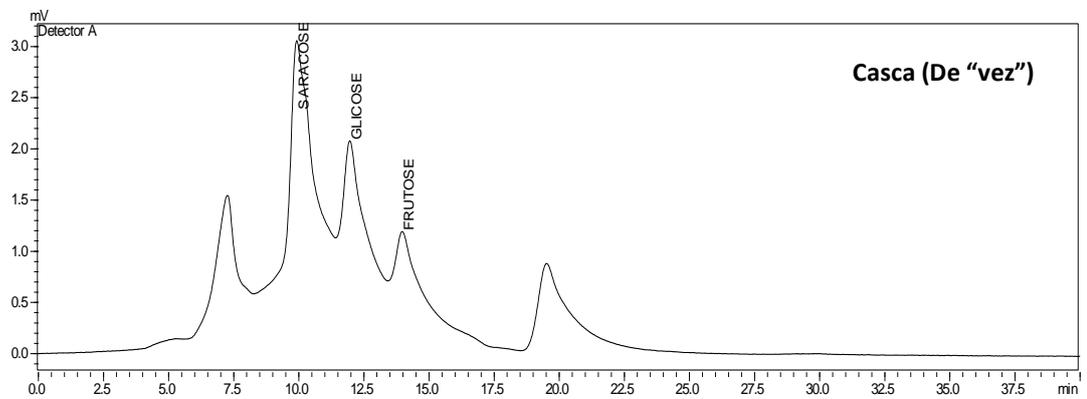
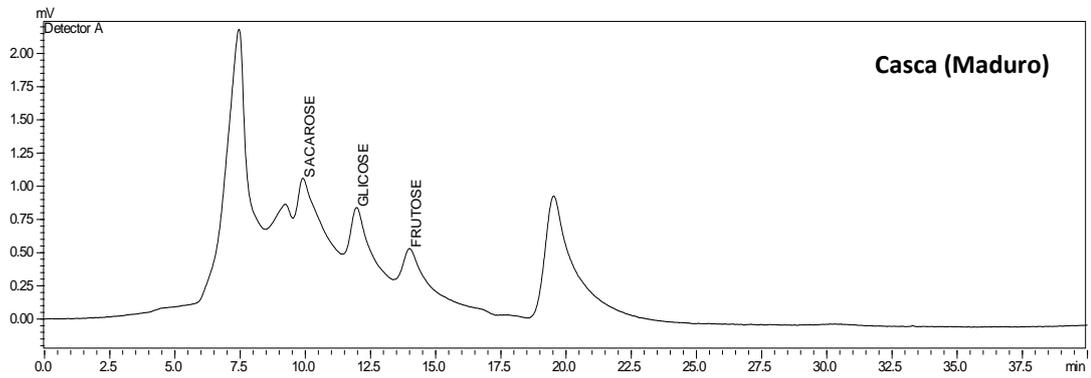
## APÊNDICE E: CROMATOGRAMAS DOS ÁCIDOS ORGÂNICOS – HPLC-DAD (UV 207 nm) NA POLPA DE SERIGUELA NOS TRÊS ESTÁGIOS DE MATURAÇÃO



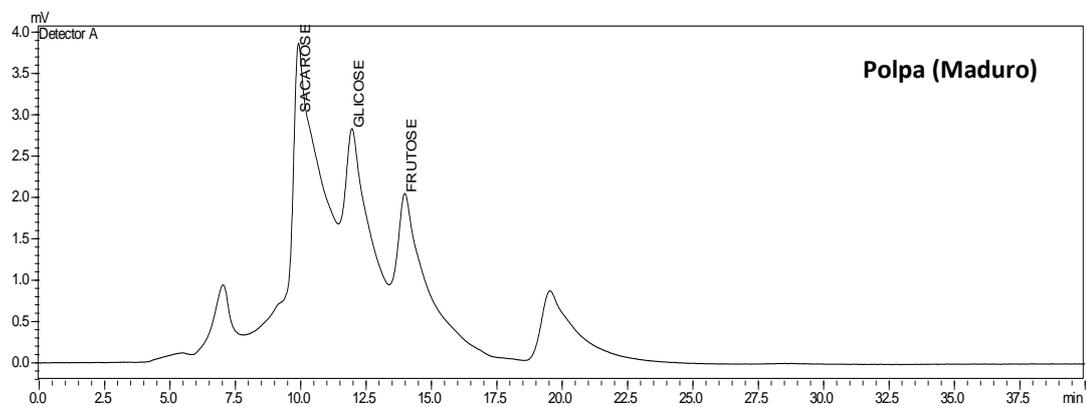
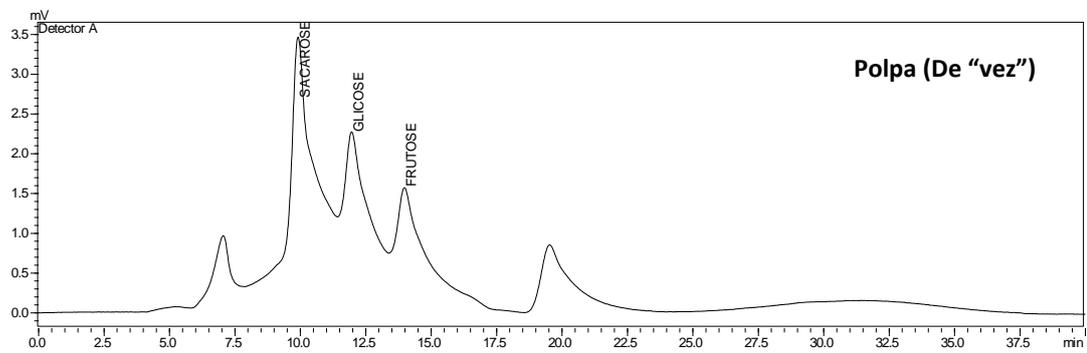
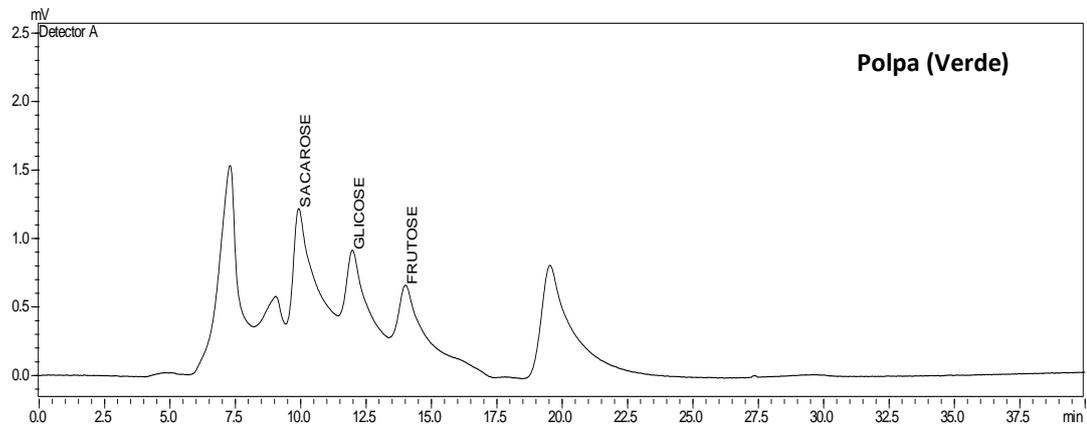
## APÊNDICE F: CROMATOGRAMAS DOS ÁCIDOS ORGÂNICOS – HPLC-DAD (UV 207 nm) NA SEMENTE DE SERIGUELA NOS TRÊS ESTÁGIOS DE MATURAÇÃO



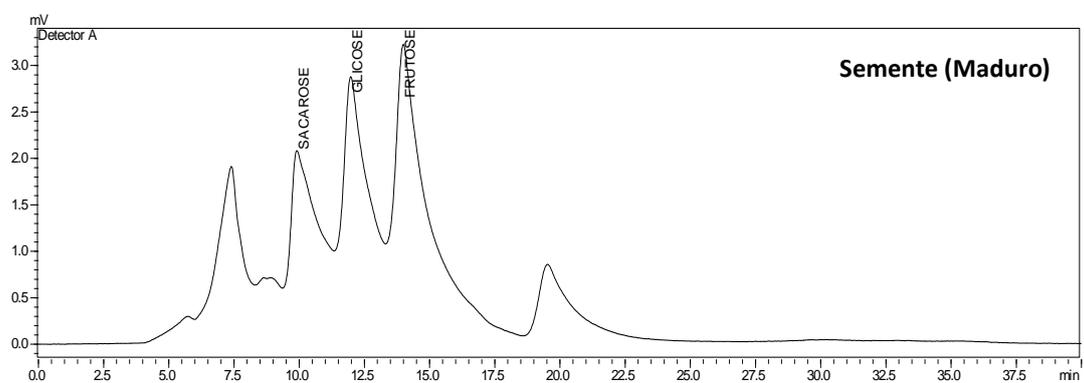
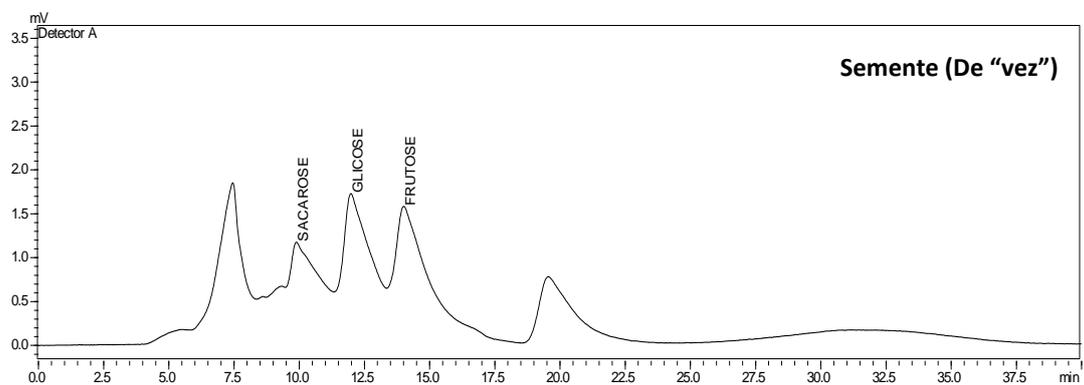
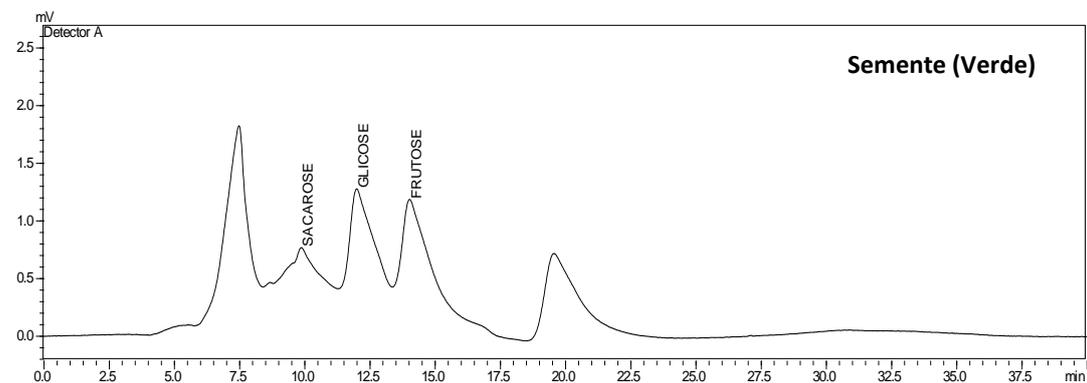
## APÊNDICE G: CROMATOGRAMAS DE AÇÚCARES – HPLC-RID NA CASCA DE SERIGUELA NOS TRÊS ESTÁGIOS DE MATURAÇÃO



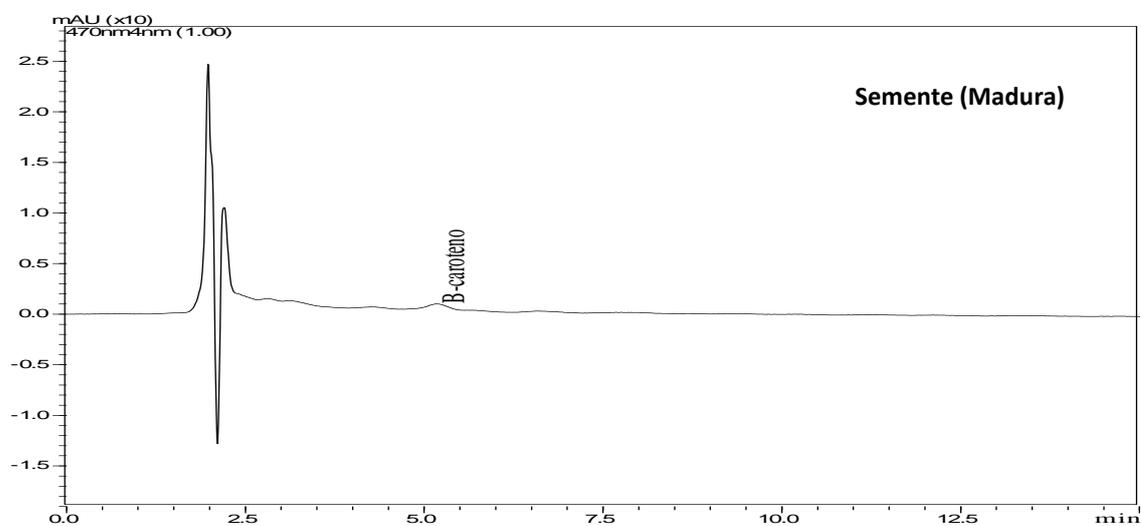
## APÊNDICE H: CROMATOGRAMAS DE AÇÚCARES – HPLC-RID NA POLPA DE SERIGUELA NOS TRÊS ESTÁGIOS DE MATURAÇÃO



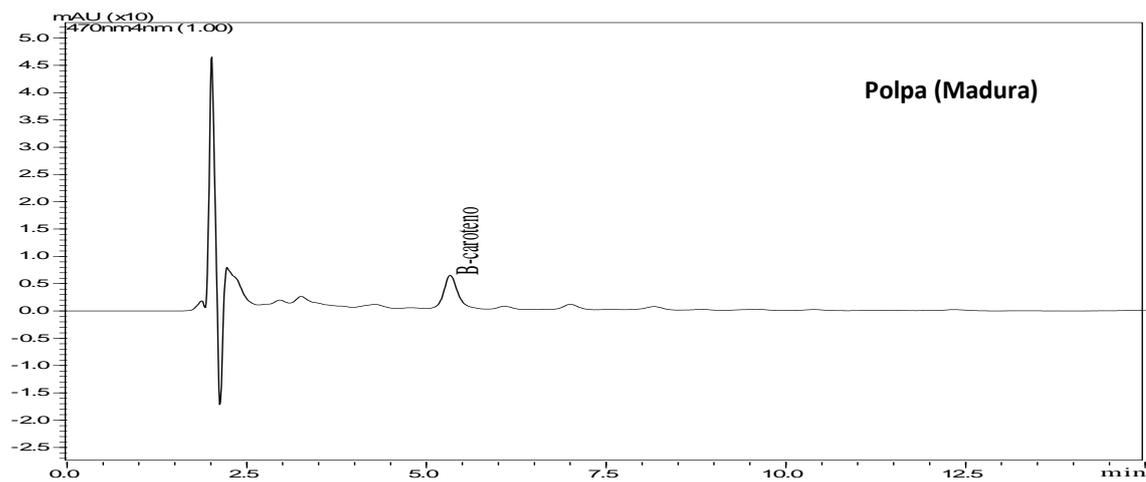
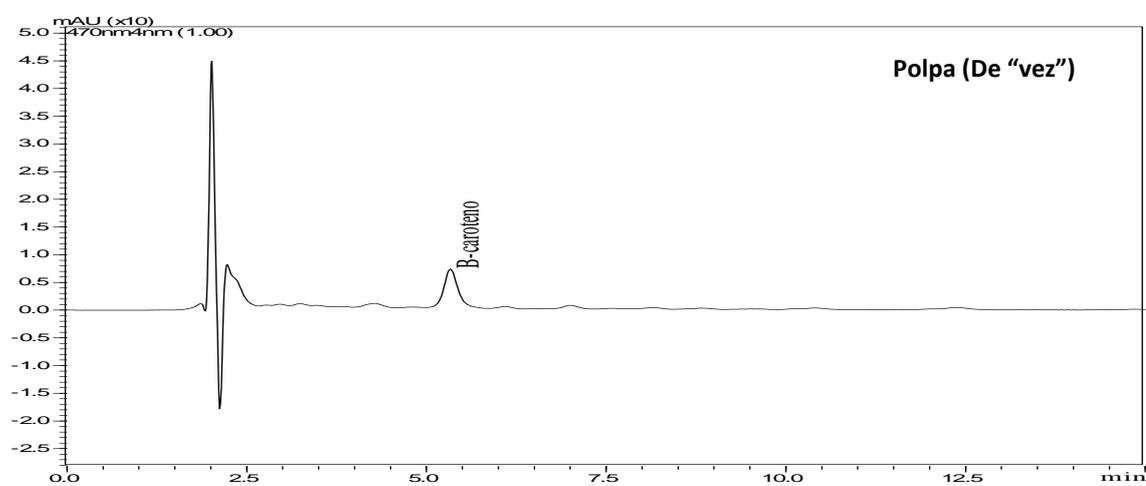
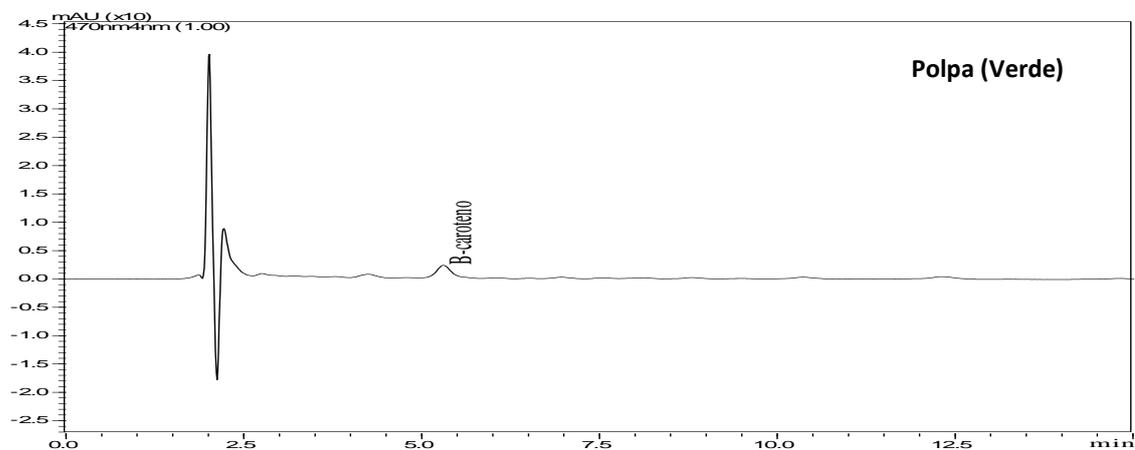
## APÊNDICE I: CROMATOGRAMAS DE AÇÚCARES – HPLC-RID NA SEMENTE DE SERIGUELA NOS TRÊS ESTÁGIOS DE MATURAÇÃO



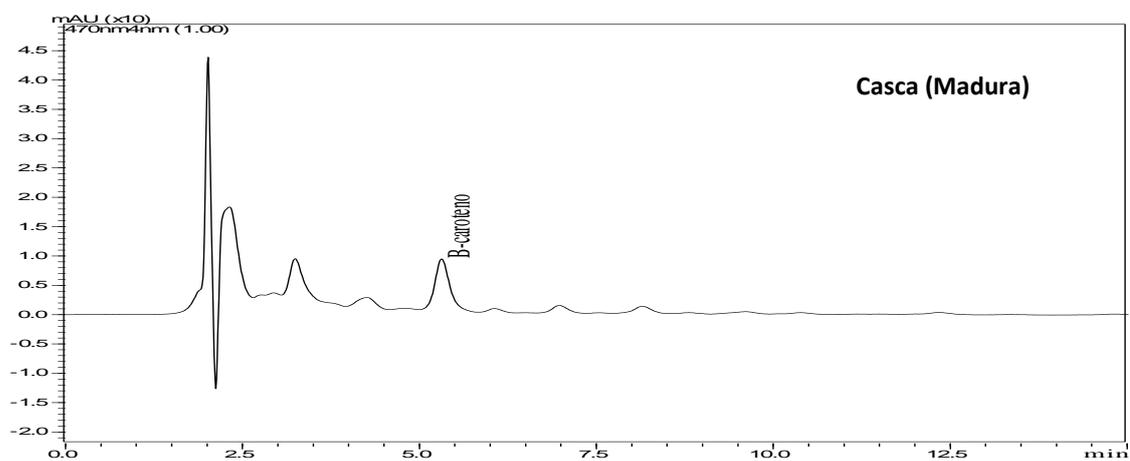
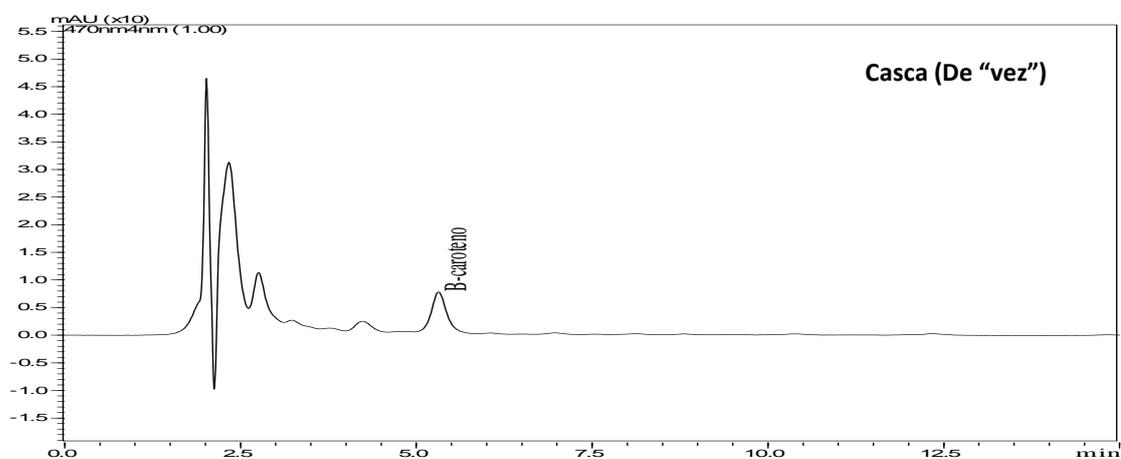
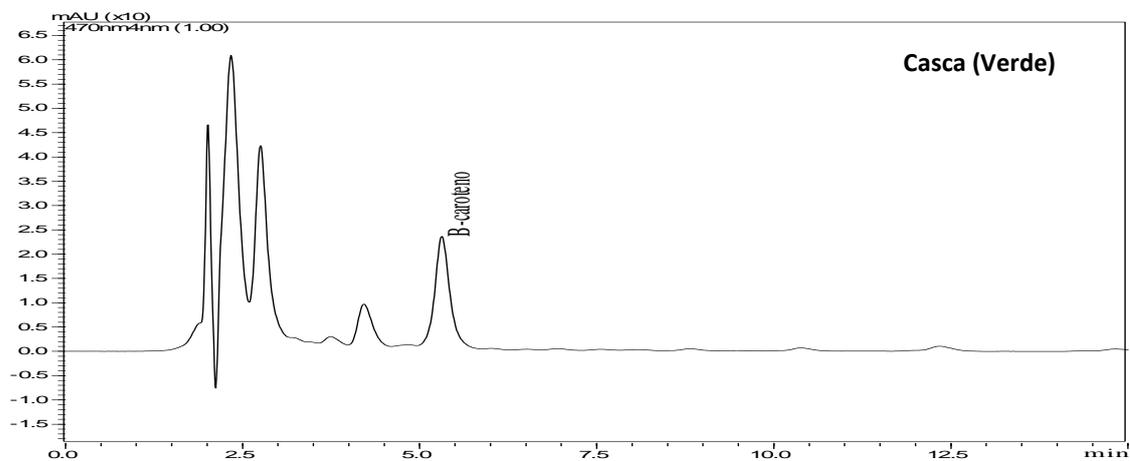
**APÊNDICE J: CROMATOGRAMAS DE CAROTENÓIDES – HPLC-  
DAD NA SEMENTE DE SERIGUELA NOS TRÊS ESTÁGIOS DE  
MATURAÇÃO**



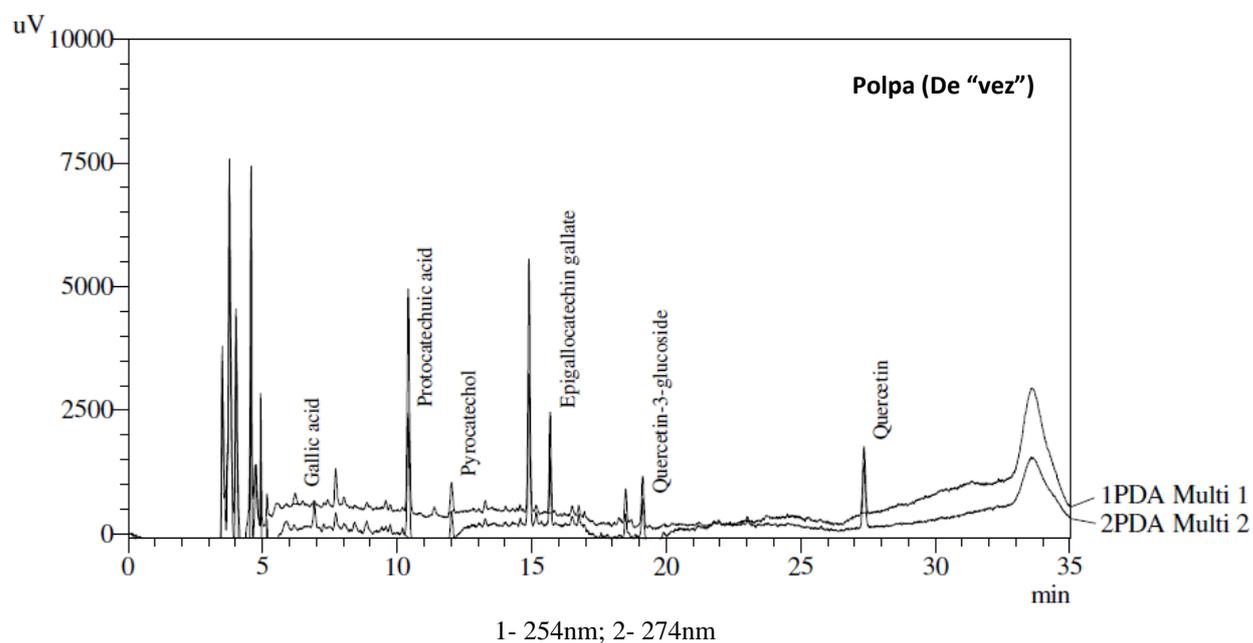
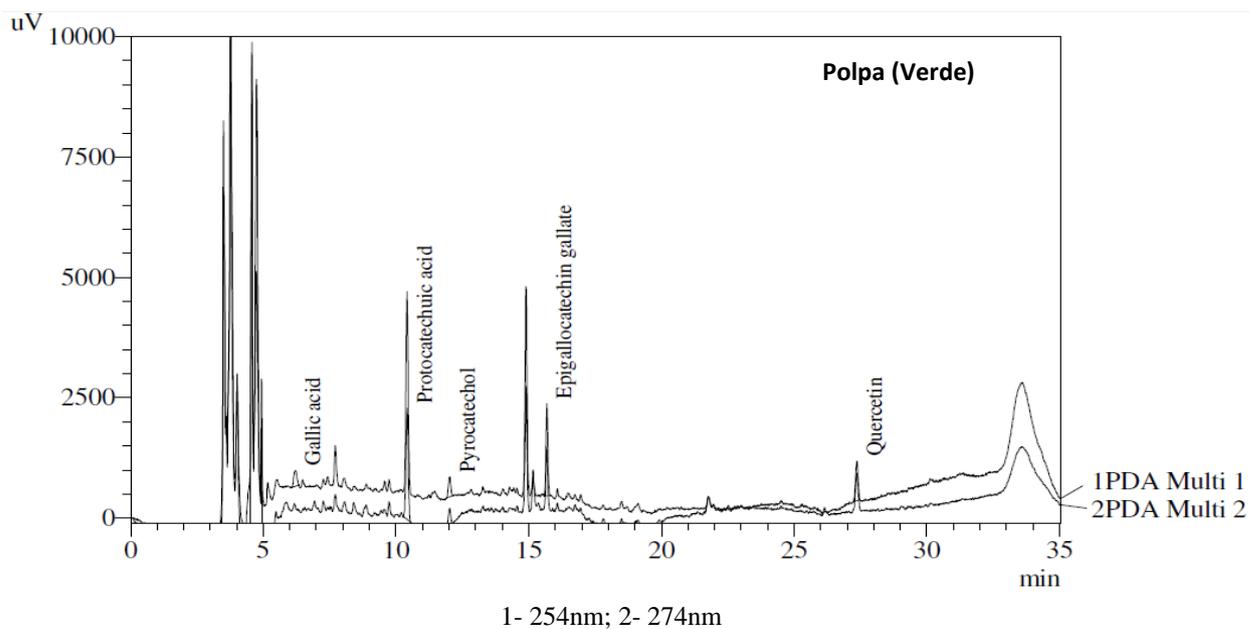
## APÊNDICE L: CROMATOGRAMAS DE CAROTENÓIDES – HPLC- DAD NA POLPA DE SERIGUELA NOS TRÊS ESTÁGIOS DE MATURAÇÃO

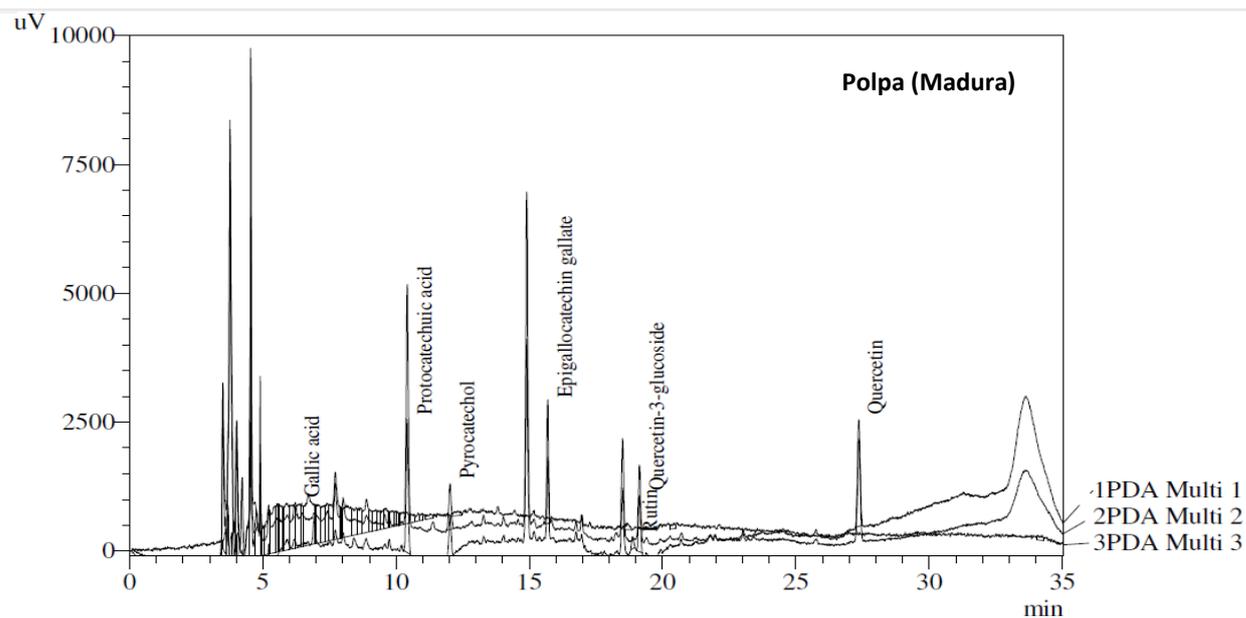


## APÊNDICE M: CROMATOGRAMAS DE CAROTENÓIDES – HPLC- DAD NA CASCA DE SERIGUELA NOS TRÊS ESTÁGIOS DE MATURAÇÃO

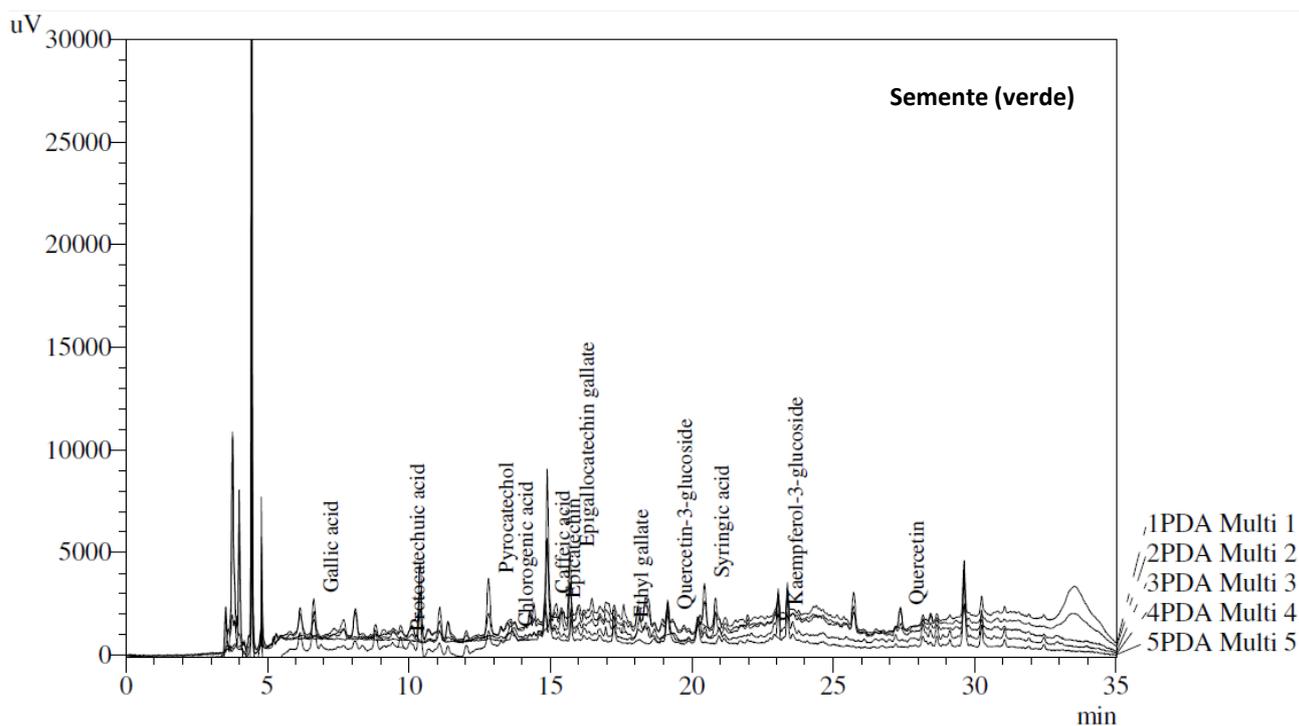


## APÊNDICE N: CROMATOGRAMAS DE FENÓLICOS – HPLC-DAD NA POLPA DE SERIGUELA NOS TRÊS ESTÁGIOS DE MATURAÇÃO

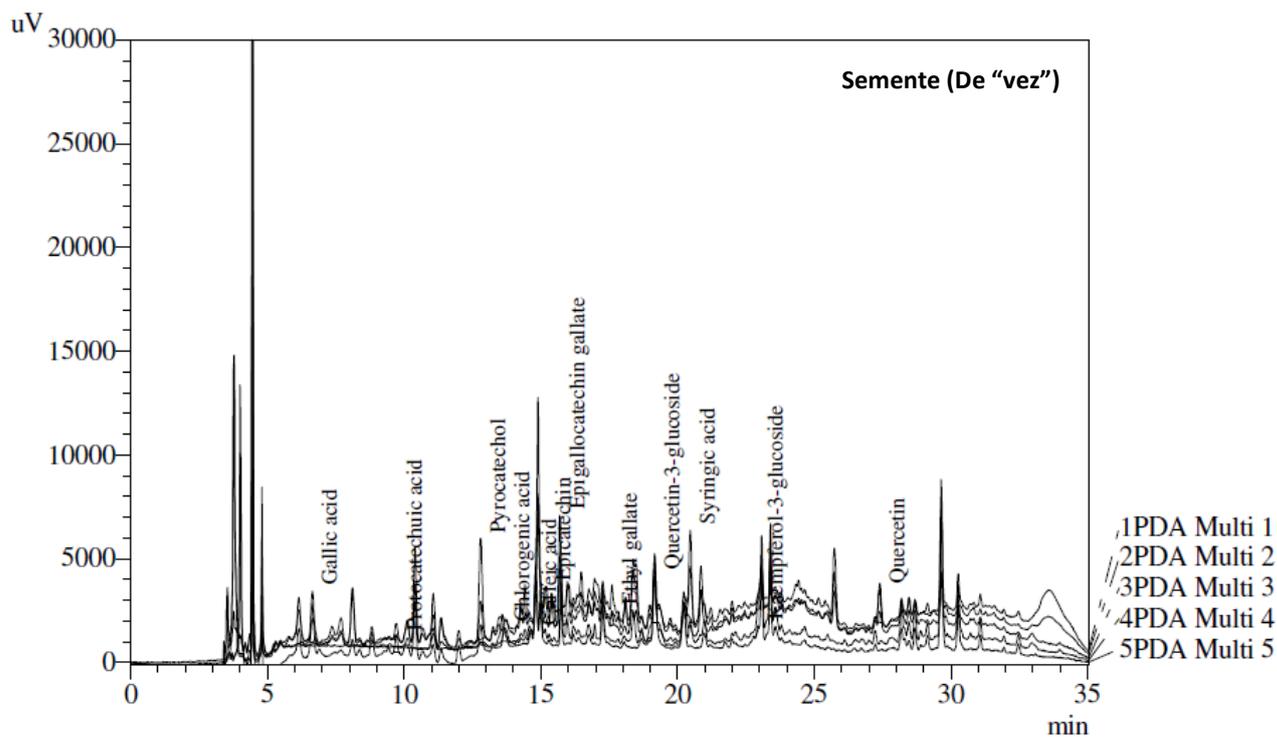




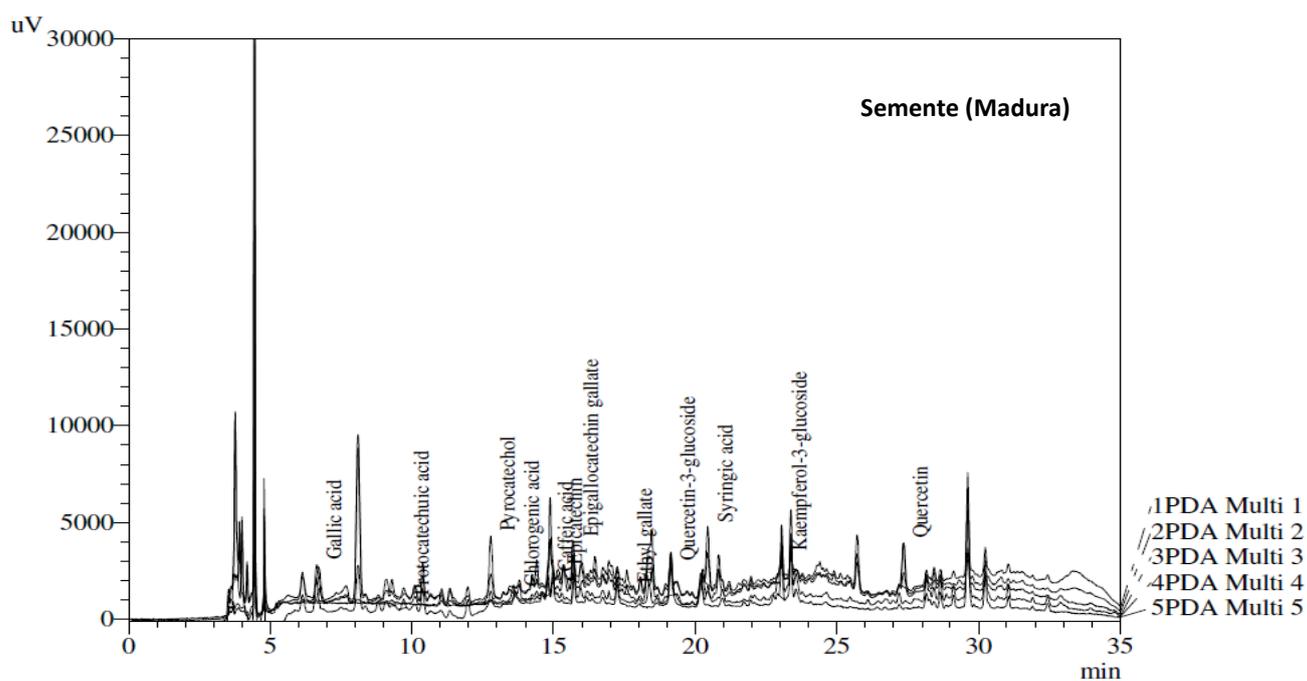
## APÊNDICE O: CROMATOGRAMAS DE FENÓLICOS – HPLC-DAD NA SEMENTE DE SERIGUELA NOS TRÊS ESTÁGIOS DE MATURAÇÃO



1-254nm; 2- 274nm; 3- 290nm; 4-326nm; 5- 365nm

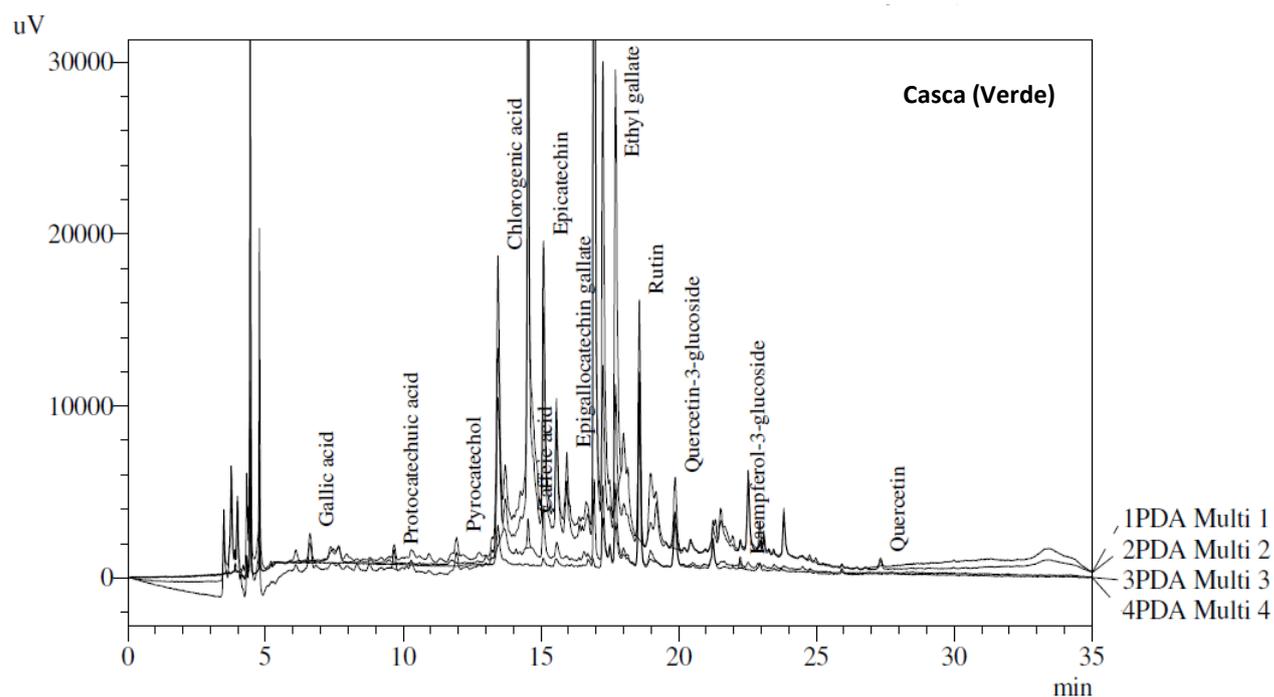


1-254nm; 2- 274nm; 3- 290nm; 4-326nm; 5- 365nm

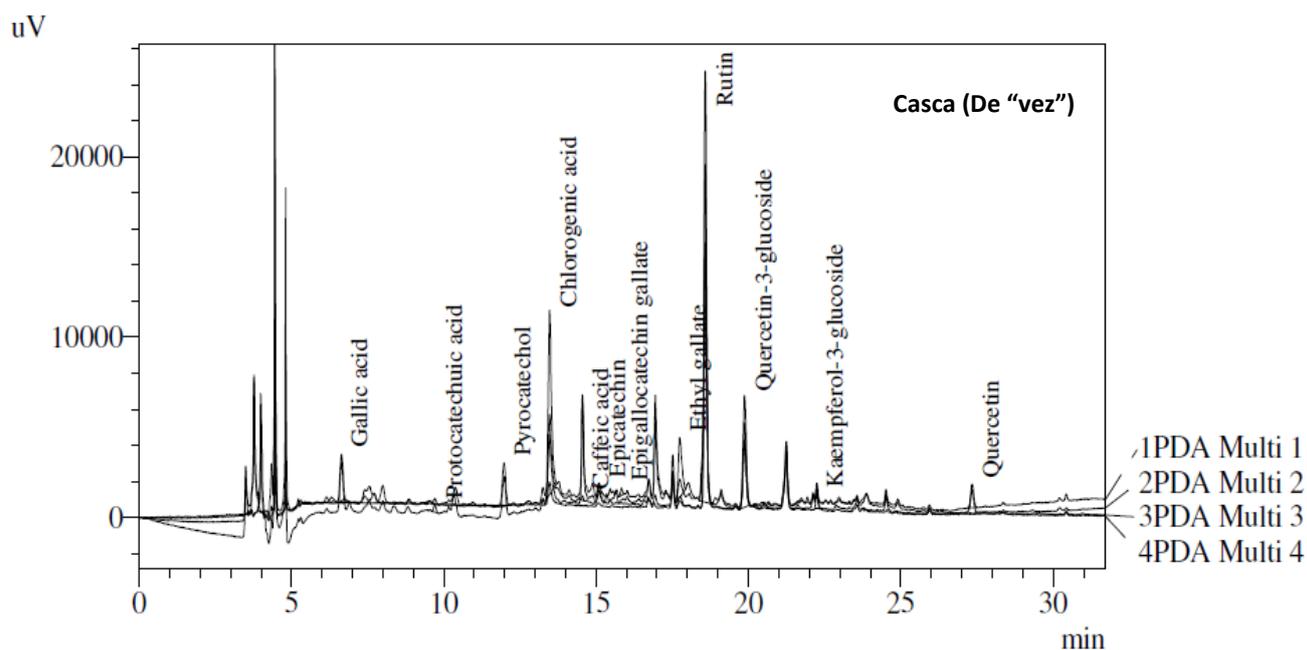


1-254nm; 2- 274nm; 3- 290nm; 4-326nm; 5- 365nm

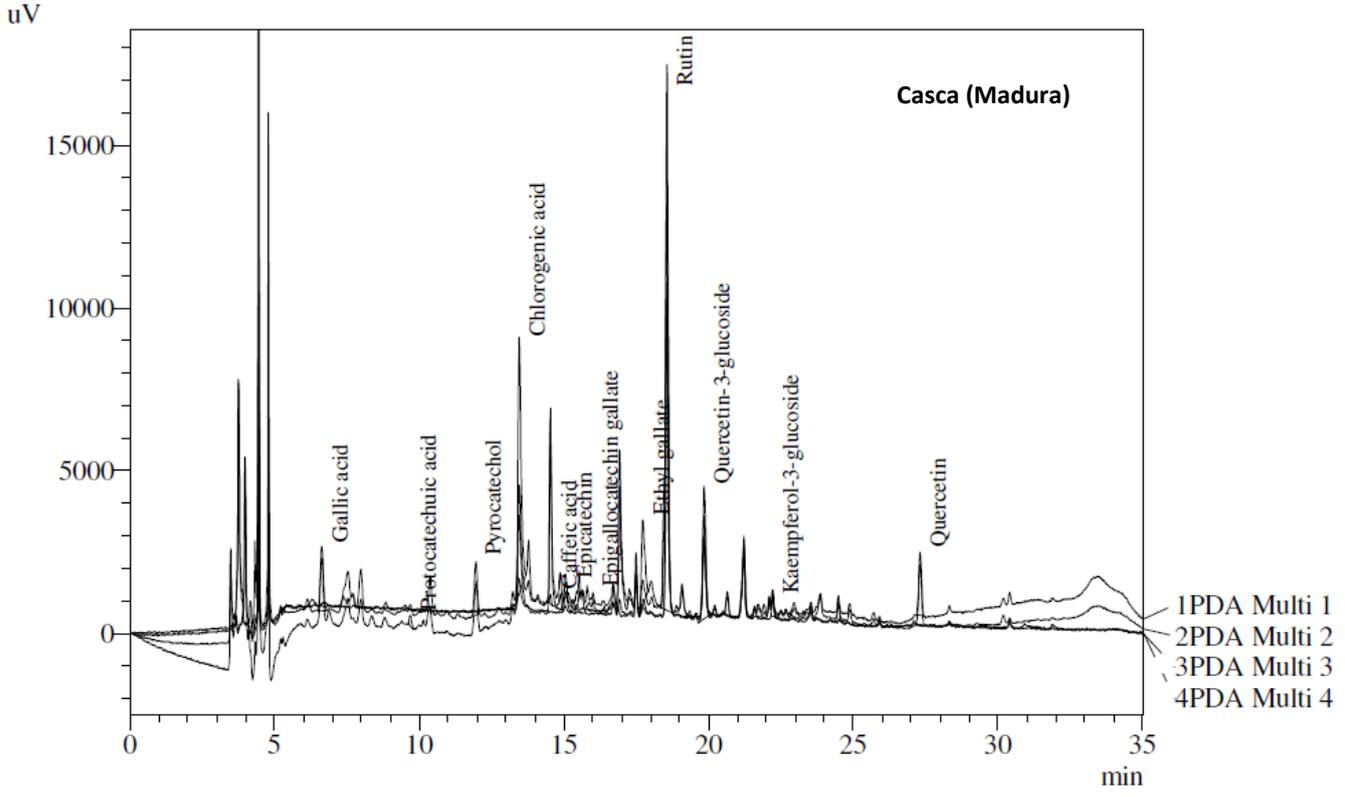
## APÊNDICE P: CROMATOGRAMAS DE FENÓLICOS – HPLC-DAD NA CASCA DE SERIGUELA NOS TRÊS ESTÁGIOS DE MATURAÇÃO



1-254nm; 2- 274nm; 3-326nm; 4- 365nm



1-254nm; 2- 274nm; 3-326nm; 4- 365nm



1-254nm; 2- 274nm; 3-326nm; 4- 365nm

**APÊNDICE Q: RESULTADOS DOS EFEITOS DE INTERAÇÃO ENTRE OS DIFERENTES ESTÁGIOS DE MATURAÇÃO E SOLVENTE NA CASCA, POLPA E SEMENTE DE SERIGUELA.**

		Fenólicos	Flavonóides	ABTS <sup>+</sup>	DPPH	FRAP	ORAC
CDV	Etanol	3052.15±43.17	390.92±3.07	302.79±9.75	180.34±10.59	5.15±0.1	37.08±1.13
	Água	2117.21±24.06	250±2.53	62.71±3.69	10.41±0.17	160.42±2.42	8±0.21
CM	Etanol	2197.59±9.55	319.83±12.74	212.1±6.82	165.47±6.88	4.89±0.21	30.96±0.92
	Água	2624.29±27.36	309.24±3.59	57.76±2.4	13.28±0.31	210.25±2.78	4.38±0.09
CV	Etanol	7803.12±54.25	999.75±13.2	90.88±7.11	361.91±4.49	23.44±0.59	33.32±1.34
	Água	4282.3±73.97	407.49±13.23	128.2±1.59	18.84±0.28	213.86±0.57	6.09±0.17
PDV	Etanol	575.92±5.72	81.85±3.02	131.86±28.25	107.19±3.32	18.52±0.59	26.19±1.52
	Água	524.78±19.21	32.28±0.61	37.1±1.15	8.45±0.45	44.93±2.36	1.12±0.01
PM	Etanol	868.78±11.74	146.09±1.64	96.38±3.83	135.32±2.6	26.66±0.29	44.16±0.25
	Água	649.35±4.09	45.11±1.7	46.96±0.9	12.69±0.93	26.48±8.42	1.24±0.04
PV	Etanol	494.45±8.62	88.33±9.59	83.55±6.92	228.38±5.42	19.15±0.18	23.89±0.09
	Água	484.04±7.75	37.17±0.69	80.2±1.9	11.94±0.09	39.46±7.43	1.43±0.08
SDV	Etanol	9760.94±82.05	1760.22±3.82	34.09±6.03	361.34±2.37	21.69±1.04	63.48±1.27
	Água	3128.4±111.69	450.88±22.08	256.96±1.69	11.06±0.86	227.81±2.66	4.49±0.05
SM	Etanol	8074.67±113.35	1319.59±10.22	76.65±18.84	357.12±1.18	16.33±1.34	46.79±0.12
	Água	4344.56±75.42	608.03±11.38	255.92±0.93	14.84±1.12	286.99±5.85	4.01±0.06
SV	Etanol	7450.6±54.46	1239.6±0.37	50.31±25.25	339.52±5.02	15.08±0.58	32.52±0.45
	Água	3484.39±46.06	475.44±17.36	239.93±3.55	13.52±0.67	259.99±3.08	5.53±0.02

CDV, CM e CV: Casca de “vez”, maduro e verde, respectivamente. PDV, PM, PV: Polpa de “vez”, maduro e verde, respectivamente. SDV, SM, SV: Semente de “vez”, maduro e verde, respectivamente.

Fonte: Próprio autor.