



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS PARNAÍBA
LICENCIATURA EM QUÍMICA

RUTH HELLY FERREIRA CARDOSO

LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DA
SIRIGUELEIRA (*Spondias purpurea* L.)

PARNAÍBA
2022

RUTH HELLY FERREIRA CARDOSO

LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DA
SIRIGUELEIRA (*Spondias purpurea* L.)

Trabalho de Conclusão de Curso (monografia)
apresentado como exigência parcial para obtenção do
diploma do Curso de Licenciatura Em Química do Instituto
Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí -
Campus Parnaíba.

Orientadora: Prof. Dr^a. Márcia Valéria Silva Lima
Coorientadora: Prof. Dr^a. Ana Maria Athayde Uchôa

PARNAÍBA
2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

Cardoso , Ruth Helly Ferreira

C268l Levantamento bibliográfico da atividade antioxidante da Sirigueleira
(Spondias Purpurea L.). / Ruth Helly Ferreira Cardoso . - 2022.
58 f.: il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) - Instituto
Federal do Piauí, Campus Parnaíba, 2022.

Orientadora : Profa. Dra. Márcia Valéria Silva Lima .

Coorientadora : Profa. Dra. Ana Maria Athayde Uchôa .

1. Química . 2. Metodologias - Avaliação . 3. Antioxidantes. 4. Sirigueleira
(Spondias Purpurea L.) - Planta. I. Título.

CDD - 540

Elaborado por Micheline Angélica Aragão Gouveia CRB 3/1244

RUTH HELLY FERREIRA CARDOSO

LEVANTAMENTO BIBLIOGRAFICO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DA
SIRIGUELEIRA (*Spondias purpurea L.*)

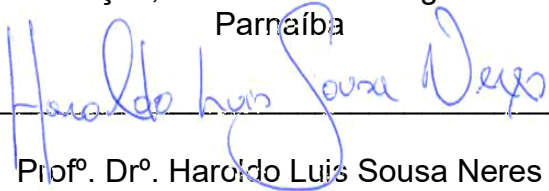
Trabalho de Conclusão de Curso (monografia)
apresentado como exigência parcial para obtenção do
diploma do Curso de Licenciatura Em Química do Instituto
Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí-
Campus Parnaíba.

Aprovada em: 10/ 02/ 2022.

BANCA EXAMINADORA



Prof^a. Dr^a. Márcia Valéria Silva Lima (Orientadora)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI) – *Campus*
Parnaíba



Prof^o. Dr^o. Haroldo Luis Sousa Neres
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI) - *Campus*
Parnaíba



Prof^a. Me. Mariane Gomes de Lima
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Mato Grosso (IFMT) -
Campus Confresa

A Deus, minha família, minha orientadora e amigos.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, força superior que nos rege, pela oportunidade de experienciar a vida. Por me guiar durante toda a minha trajetória e despertar em meu coração o amor pela Química. Por ser meu porto seguro ao decorrer desses sete anos de curso. A fé e a busca por um propósito, tendo Deus como minha base, foram peças importantes para que não houvesse desistência.

Em especial a minha família, que me acompanhou durante toda a minha trajetória acadêmica. Meu pai, Antônio José Brito Cardoso, por me incentivar desde de cedo a estudar e buscar o melhor para mim; minha mãe, Erenilda Sousa Ferreira Brito, por sempre me apoiar em minhas escolhas, me escutar e acolher com todo amor; e minha irmã, Ana Carolina Ferreira Soares, por ser inspiração.

À minha orientadora, Prof.^a Dr^a Márcia Valéria Silva Lima, por me aceitar como sua orientanda, acreditar na possibilidade da realização deste trabalho, pela disponibilidade e sugestões que foram fundamentais para a concretização desta monografia.

À minha coorientadora, Prof.^a Dr^a Ana Maria Athayde Uchôa Thomaz, por me acolher e ajudar a iniciar esse trabalho.

A todo o corpo docente do curso de Licenciatura em Química, em especial aos professores Bartolomeu, Buana Carvalho, Rubens, Haroldo Neres, Janete e Durciane.

À professora Vilma Dias, por compartilhar seus conhecimentos, experiências e pela dedicação, sendo um grande exemplo como profissional a se seguir.

À Professora Maria de Fátima, por incentivar e orientar na escrita de diversos trabalhos científicos que foram fundamentais para o meu progresso acadêmico.

À psicóloga da instituição, Erotides Romero Dantas Alencar, por me acompanhar durante o ano de 2018, por não me deixar desistir e me incentivar a procurar ajuda e por me escutar.

Aos meus amigos de curso, pessoas maravilhosas, que me acompanharam, ajudaram e inspiraram ao longo desses anos, Antônia Maria, Antônio Ivany, José Augusto, Rayanne Carvalho, Marcio André, Helena Alves, Luma Brisa, Vivian Sousa, Alicia Ludymilla, João Victor, Jéssica Lopes, Jarline Marques, Lorena Maria.

À minha amiga, dupla, irmã que o curso me deu, Sabrina Teixeira de Sousa Silva, pela parceria, pelo desenvolvimento de trabalhos, por estar comigo nos momentos bons e ruins que vivemos dentro e fora do curso.

À minha amiga Rayna Relane, por ser inspiração durante curso e na vida, por me escutar e aconselhar, por todas as vivências fora e dentro do curso.

Ao meu amigo Pedro Teixeira, por ler esse trabalho antes de dormir, por me chamar de “Química” antes mesmo de me tornar uma (risos), por incentivar e acreditar em mim.

Agradeço a minha prima e melhor amiga, Geysna Hérica Linhares Fernandes, por ser luz em minha vida, me escutar e está comigo sempre que possível. Por me incentivar a seguir e realizar meus sonhos, por me convencer de que sou capaz de ir além e por acreditar em mim, até mesmo quando eu duvidei.

“Não dê forças às coisas que são prejudiciais.
Não dê atenção a seus obstáculos. Eles existem,
respeite-os e passe por eles.”

Monja Coen

RESUMO

A Sirigueleira (*Spondias purpurea* L.) é uma planta bastante difundida no cenário brasileiro, tanto por sua produção quanto seu consumo *in natura*, se tornando assim matéria-prima para subprodutos nas indústrias alimentícias e alvo de pesquisas químico-farmacológicas. O fruto, caule e folha dessa planta apresentam substâncias com propriedades antioxidantes, como: os compostos fenólicos, vitamina C e carotenoides, podendo assim aumentar a vida útil dos alimentos e atuar na inibição do desenvolvimento de doenças. Para avaliar essas substâncias são usadas metodologias que envolvem ensaios químicos com substratos lipídicos e outros ensaios mais complexos utilizando técnicas instrumentais. Com isso, o estudo busca fazer um levantamento bibliográfico no período de 2011 a 2021, da atividade antioxidante da sirigueleira, comparando a atividade presente no fruto, folha e caule e descrever as principais metodologias utilizadas para a sua determinação e quantificação. Foram encontradas 13 publicações na Scopus, e observou-se que o maior número de publicações ocorreu entre os anos de 2015 a 2017. Quanto as principais metodologias empregadas na avaliação da ação antioxidante da sirigueleira, destacou-se a DPPH que apareceu em 84,61% dos artigos, seguido do método Folin-Ciocalteu e o método ABTS. O fruto é o mais explorado nas pesquisas relacionadas ao tema investigado, foi constatado ainda que a casca e semente são as partes do fruto que apresentam as maiores atividades antioxidantes. Também foi visto que a quantificação é bastante destacada, mas é preciso estudos que abordem o perfil dessas substâncias, para melhor entendimento das suas aplicabilidades e funções.

Palavras-chave: *Spondias purpurea* L.. Atividade antioxidante. Metodologias.

ABSTRACT

The red mombin tree (*Spondias purpurea* L.) is a very widespread plant in the Brazilian scenario, both for its production and its fresh consumption, thus becoming the raw material for by-products in the food industries and target of chemical-pharmacological research. The fruit, stem and leaf of this plant have substances with antioxidant properties, such as: phenolic compounds, vitamin C and carotenoids, thus increasing the shelf life of food and act in to inhibiting the development of diseases. To evaluate these substances are used methodologies that involve chemical tests with lipid substrates and other more complex technical instrumental tests. Thus, the study seeks to carry out a bibliographic survey from 2011 to 2021 on the antioxidant activity of the red mombin tree, comparing the activity present in the fruit, leaf and stem and describing the main methodologies used for its determination and quantification. Thirteen publications were found in Scopus, and it was observed that the largest number of publications occurred between the years 2015 to 2017. As for the main methodologies used in the evaluation of the antioxidant action of red mombin tree, the DPPH stood out, which appeared in 84.61% of articles, followed by the Folin-Ciocalteu method and the ABTS method. The fruit is the most explored in research related to the topic investigated, it was also found that the peel and seed are parts of the fruit that have greater antioxidant activities. It was also seen that quantification is quite prominent, but studies that address the profile of these manifestations are needed for a better understanding of their applicability and functions.

Keywords: *Spondias purpurea* L .. Antioxidant activity. Methodologies.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Sirigueleira (<i>S. Purpurea L.</i>) (A), flores (B) e frutos (C).....	16
Figura 2 -	Estrutura básica dos flavonóides.....	21
Figura 3 -	Estruturas químicas das importantes classes de flavonóides.....	21
Figura 4 -	Oxidação do ácido ascórbico por um elétron (e^-) formando o radical ascorbila, que ao ser oxidado novamente, gera o ácido dehidroascórbico.....	24
Figura 5 -	Estrutura da β -ionona.....	24
Figura 6 -	Clivagem simétrica (C 15-15) do β -caroteno, formando duas moléculas de retinal, sendo convertidas em retinol.....	25
Figura 7 -	Desprotonação do padrão ácido gálico em meio básico, formando ânion fenólico (A). Redução do molibdênio, componente do reagente de Folin-Ciocalteu, pelo produto da desprotonação do padrão fenólico (B).....	28
Figura 8 -	Reação química entre o antioxidante e o radical DPPH*.....	29
Figura 9 -	Reação entre ABTS ^{•+} e um antioxidante, formando ABTS (2,2'-azinobis(3-ethylbenzothiaziline-6-sulfonate), substância incolor.....	30
Figura 10 -	Reação química da redução de Fe^{3+} (forma férrica) presente no complexo com TPTZ (2,4,6-tripiridil-s-triazina), produzindo Fe^{2+} (forma ferrosa).....	31
Gráfico 1 -	Dados obtidos na plataforma de publicação da <i>Scopus</i>	35
Quadro 1 -	Metodologias utilizadas na determinação e quantificação da atividade antioxidante da sirigueleira.....	37
Quadro 2 -	Partes da <i>Spondias purpurea L.</i> em estudo da atividade antioxidante.....	41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAPH	(2,2'-azobis(2-amidinopropano) dihidroclorado)
ABTS	(2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolina-6-sulfônico)
AOAC	Associação de Químicos Analíticos Oficiais
BHA	2,3-terc-butil-4-hidroxianisol
BHT	2,6-diterc-butil-p-creso
CE50	Concentração eficiente
CI50	Concentração inibitória
CUPRAC	Capacidade Antioxidante Redutora de Cobre
DPPH [*]	2,2-difenil-1-picril-hidrazil
EROs	Espécies Reativas de Oxigênio
FRAP	Poder Antioxidante de Redução do Ferro
GC-MS	Cromatografia Gasosa – Espectrometria de massa
HPLC	Cromatografia Líquida de alta eficiência
ORAC	Capacidade de Absorver Radical de Oxigênio
SBLE	Filmes ativos e revestidos de amido da fruta
SBPE	Extrato fenólico da casca do caule
TACO	Tabela Brasileira de Composição de Alimentos
TEAC	Capacidade Antioxidante Equivalente ao Trolox
TLC	Cromatografia em camada delgada
TPTZ	2,4,6-tripiridil-s-triazina
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas

LISTA DE SIMBOLOS

%	Porcentagem
AlCl ₃	Cloreto de Alumínio
B	Beta
Cm	Centímetros
G	Gramas
g GAE	1 grama equivalente ao Ácido Gálico
g QE	1 grama equivalente a Quercetina
H ₂ O ₂	Peróxido de hidrogênio
Mg	Micrograma
µg RE	1 micrograma equivalente ao Retinol
µM TE	1 micromol equivalente ao Trolox
Mg	Miligrama
mg EAA	1 miligrama equivalente ao Ácido Ascórbico
mg GAE	1 miligrama equivalente ao Ácido Gálico
mg EAT	1 miligrama equivalente ao Ácido Tânico
mL	Mililitro
mM (ACECA)	1 milimol equivalente a concentração de Ácido Ascórbico
mM Trolox	1 milimol equivalente ao Trolox
Nm	Nanômetro
O ₂ ^{•-}	Ânion radical superóxido
•OH	Radical hidroxila
ROO [•]	Hidroperoxila

Sumário

1 INTRODUÇÃO	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 <i>Spondias purpurea</i> L.	16
2.2 PRODUÇÃO E COMERCIALIZAÇÃO DO GÊNERO <i>SPONDIAS</i>	17
2.3 ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DA SIRIGUELEIRA	19
2.3.1 Compostos fenólicos	20
2.3.2 Vitaminas	23
2.3.2.1 Vitamina C	23
2.3.2.2 Carotenoides	24
2.4 PRINCIPAIS METODOLOGIAS UTILIZADAS NA DETERMINAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE	26
2.4.1 Métodos diretos	26
2.4.1.1 Ensaio ORAC	26
2.4.1.2 Método de co-oxidação do β -caroteno/ácido linoléico	27
2.4.2 Métodos indiretos	27
2.4.2.1 Ensaio com reagente Folin-Ciocalteu	27
2.4.2.2 Redução do radical DPPH•	29
2.4.2.3 Ensaio TEAC	30
2.4.2.4 Ensaio FRAP	30
3 OBJETIVOS	32
3.1 OBJETIVO GERAL	32
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	32
4 METODOLOGIA	33
4.1 TIPO DE PESQUISA	33
4.2 PROCEDIMENTO DA PESQUISA	33
4.3 ANÁLISE DOS DADOS	34
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
5.1 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO DOS ARTIGOS ENTRE OS ANOS 2011-2021	35
5.2 PRINCIPAIS METODOLOGIAS IDENTIFICADAS NOS ARTIGOS	37
5.3 ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DO FRUTO, FOLHA E CAULE DA SIRIGUELEIRA	41
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	46

REFERÊNCIAS.....48

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, vem ocorrendo uma crescente mudança nos padrões de consumo dos alimentos, e assim surgem também preocupações em relação a sua origem, tipo de processamento e armazenamento. A preocupação com a saúde e a busca por uma alimentação saudável, desencadeia um visível avanço no ramo da pesquisa e descobertas envolvendo alimentos *in natura*. O foco dessas pesquisas tem sido as frutas, pois estas contribuem para uma dieta equilibrada, por obter fibras, vitaminas e sais minerais, proporcionando vitalidade e prevenção de inúmeras doenças (SOARES, 2011).

A *Spondias purpurea* L. pertence à família das Anacardiaceae e é encontrada nas regiões tropicais da América, Ásia e África, sendo que no Brasil, predomina as regiões Norte e Nordeste. Seus frutos são uma drupa de peso e tamanho variados, com epicarpo composto por uma casca fina que podem apresentar uma coloração variando do amarelo ao avermelhado, seu endocarpo é fibroso e o mesocarpo apresenta sabor palatável (SILVA, M. C. C., 2018). Devido suas características adaptativas a solos inférteis e clima remoto se torna uma candidata promissora para o desenvolvimento de atividade agrofamiliar (SANTOS, 2008).

As siriguelas são geralmente consumidas *in natura*, sobretudo devido as suas características organolépticas: aroma e sabor diferenciados, e também pelas suas propriedades nutricionais, embora tenham ganhado interesse pelas indústrias de processamento. Tem uma das polpas congeladas mais apreciadas no mercado nacional e internacional; o sabor exótico e a excelente qualidade nutricional são cada vez mais valorizados pelos consumidores. Além de ser bastante utilizada na produção de sucos, geleias e sorvetes (LIMA, 2009).

A sirigueleira é objeto de pesquisas de inúmeras áreas, que segundo Quintão (2016) isso se deve as propriedades medicinais que são encontradas nessa planta e são usadas para tratamento de diversas doenças e transtornos menores, tais como, diarreia, úlcera e algumas doenças parasitárias. Além disso, testes feitos com extratos aquosos e metanólicos, produzidos a partir das folhas e caule, demonstraram propriedades antibacterianas e antioxidantes.

Os radicais livres, moléculas ou fragmentos de moléculas que possuem elétrons livres; estão diretamente relacionados com a saúde, pois os compostos gerados da oxidação de biomoléculas, como relata Rufino (2008), são precursores de

diversas enfermidades, com doenças cardiovasculares, câncer (devido a mutação do DNA) e pode ainda contribuir para o envelhecimento.

Espécies reativas de oxigênio (EROs) são átomos ou moléculas que em excesso podem causar no organismo humano uma alteração no equilíbrio entre os níveis de oxidantes e antioxidantes, o aumento da quantidade dessas substâncias denomina-se estresse oxidativo. Esse desequilíbrio pode levar a diversas patologias crônicas degenerativas (GOUVEIA & LIMA, 2017).

Os compostos bioativos, como vitamina c, carotenóides e compostos fenólicos, são encontrados nas siriguelas. Essas substâncias têm propriedade antioxidante obtendo enorme importância para a indústria de alimentos, pois são capazes de retardar ou evitar processos oxidativos, podem assim aumentar a vida de prateleira dos produtos alimentícios. Além de proporcionar inúmeros benefícios para o organismo humano, como prevenir o desenvolvimento de enfermidades crônicas e degenerativas (SILVA, 2018).

A atividade antioxidante *in vitro* de substâncias bioativas pode ser avaliada por diferentes métodos que envolvem desde ensaios químicos com substratos lipídicos a ensaios mais complexos utilizando técnicas instrumentais. A partir desses testes que são selecionadas inicialmente substâncias que possam ser utilizadas em estudos químicos e farmacológicos, para auxiliar os pesquisadores na avaliação de atividade das substâncias isoladas de produtos naturais e aquelas obtidas de fontes sintéticas (ALVES et al., 2010).

Visto que as pesquisas envolvendo a sirigueleira, bem como a produção e o consumo do fruto vem aumentando, ainda há escassez de informações e avaliações dessa planta, sobre quantificação e determinação dos seus constituintes antioxidantes e os benefícios atribuídos a eles. Diante disso, o presente trabalho tem por objetivo realizar uma pesquisa bibliográfica da atividade antioxidante da sirigueleira (*Spondias purpurea* L.).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

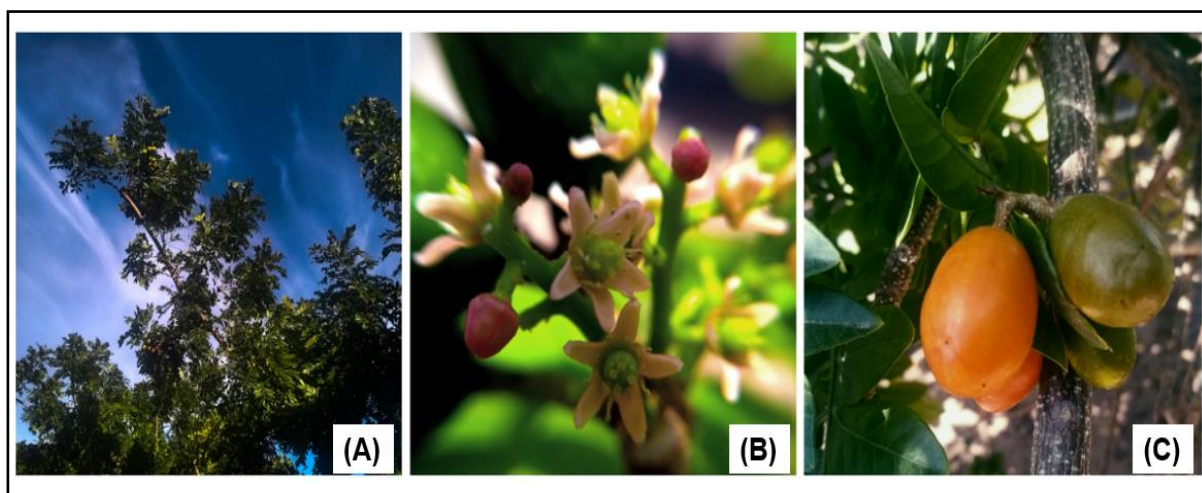
2.1 *Spondias purpurea* L.

Diversas espécies frutíferas importantes estão associadas a família *Anacardiaceae*; dentre elas as pertencentes ao gênero *Spondias* que apresentam um relevante valor econômico, sendo exploradas nas áreas tropicais e subtropicais do mundo (SACRAMENTO & SOUZA, 2009). Do gênero *Spondias*, destacam-se a cajazeira (*S. mombin* L.), o umbuzeiro (*S. tuberosa* Arruda), a cajaraneira (*S. dulcis* Parkinson), a sirigueleira (*S. purpurea* L.) e duas espécies, consideradas híbridos naturais, cajá-umbu (*S. mombin* × *S. tuberosa*) e umbuguela (*S. tuberosa* × *S. purpurea*) (SILVA et al. 2014).

Para Lima et al. (2002), a sirigueleira (*Spondias purpurea* L.), representada na Figura 1, atualmente vem se destacando pelo seu cultivo em pomares domésticos. De acordo com Astudillo et al. (2017), a plasticidade fisiológica, anatômica e agronômica dessa espécie tropical permite seu crescimento em solos e climas considerados inadequados para a agricultura convencional. Costa (2015), fala da resistência dessa espécie à seca, podendo ser considerada estrategicamente uma cultura para as regiões que apresentam um longo período seco.

A siriguela, fruta da sirigueleira (*S. Purpurea* L.), é considerada uma das mais populares da América tropical, conhecida por diversos nomes, como: ceriguela, siriguela, ciriguela, ameixa-da-espanha, cajá vermelho, ciroela, jocote, ciruela mexicana (MARTINS & MELO, 2003).

Figura 1 – Sirigueleira (*S. Purpurea* L.) (A), flores (B) e frutos (C).



Fonte: Autoria própria, (2021).

Segundo Costa (2015), raramente a planta adulta passa de 7 metros e seus frutos, quando maduros, contêm epicarpo liso ou semiliso, fino com coloração amarela ou amarelo-avermelhada, endocarpo e mesocarpo fibroso. As siriguelas são drupas de formas diferente, redondas ou ovais, com massa de 12 - 28 g e apresentam até 5,5 cm de comprimento, com textura variando do cremoso ao succulento, apresentando um sabor agri-doce ou ácido (SANTOS et al., 2016).

A produção desse fruto pode ser observada durante todo o ano. Segundo Bautista-Baños et al. (2000), os frutos podem ser produzidos na estação seca de fevereiro a maio, no início da estação chuvosa de junho a julho e no fim da estação chuvosa de setembro a outubro, quando encontra-se a principal variedade da *Spondias purpurea* L.; apresentando ainda uma diversidade de coloração em cada estação, obtendo frutos vermelhos (maio), amarelos (junho) e laranjas (outubro).

2.2 PRODUÇÃO E COMERCIALIZAÇÃO DO GÊNERO *Spondias*

A fruticultura é um ramo da economia brasileira que tem uma grande importância, tanto na produção e comercialização de frutas *in natura* quanto na industrialização de seus derivados. O Brasil foi o terceiro maior produtor mundial de frutas, em 2016, produzindo um total de 42,3 milhões de toneladas; em 2017, continuou na mesma colocação apresentando um total de 42,2 milhões de toneladas produzidas (VIDAL 2018, 2019). De acordo com Diniz (2012), o rápido desenvolvimento da fruticultura no Brasil contribui ainda para a contratação de mão-de-obra, diminuição do êxodo rural e desemprego.

Carvalho e Cunha (2007) afirmam que, a crescente demanda de frutas *in natura* tem impulsionado o aumento da produção e exportação dos principais países produtores, dentre eles, a China, a Índia e o Brasil. Nachtigall (2016) destaca que a produção frutífera brasileira está voltada para o mercado interno, visto que as exportações representam apenas 680 mil toneladas e as importações 460 mil toneladas.

As frutas tropicais estão entre as mais comercializadas, ganhando um aumento em sua demanda em um nível global, atingindo um pico sem precedentes de 7,1 milhões de toneladas; essa comercialização está voltada tanto para o consumo de frutas frescas como para área das indústrias de processamento, isso devido as suas características: sabor, coloração e aparência exótica (NOR & DING, 2020).

A região Nordeste é a principal produtora e exportadora de frutas tropicais, pois apresenta condições climáticas e de solo adequadas para o cultivo dessas espécies (LOPES, OLIVEIRA & SARMENTO, 2014). Dentre essas espécies, as relacionadas ao gênero *Spondias* têm ganho o interesse de fruticultores e agronegócios (ASTUDILLO et al. 2014). Nessa região brasileira, algumas *Spondias* são cultivadas em fundos de quintais ou em pequenos pomares, dentre elas, estão: o umbu (*S. tuberosa* Camara), a siriguela (*S. purpurea* L.), cajá (*S. mombin* L.) e umbu-cajá (*Spondias* sp.) (SOARES, 2011).

Como esse gênero tem alta capacidade de se desenvolver em solos de baixa fertilidade e em climas remotos, do seco ao chuvoso, essas particularidades fazem com que a produção seja de baixo custo, e assim elevando seu potencial econômico. Santos (2008) ressalta que, esse gênero apresenta uma grande potencialidade para o desenvolvimento da atividade comercial agrofamiliar, devido as suas capacidades adaptativas, o que contribui bastante para que os pequenos produtores rurais possam sem custo algum, fixar e desenvolver as culturas de forma sustentável.

As frutas do gênero *Spondias* apresentam um sabor exótico agradável, tornando se bastante atrativas e um grande potencial econômico, mas devido à alta taxa de metabólicos possuem uma vida útil curta, dificultando a mistura das frutas para o desenvolvimento de produtos comerciais (VIEIRA, 2012). Assim, segundo Sacramento e Souza (2009), os frutos são aproveitados na forma in natura ou processados, como polpas, sucos, néctares, sorvetes e geleias, agregando qualidade e valor comercial. Outra forma de comercialização desses frutos, como afirmam Santos e Oliveira (2008), são as vendas em mercados locais ou nas margens de rodovias brasileiras.

Sobre a comercialização de *Spondias purpurea* L., Lima Filho e Santos (2009) relatam, um destaque na expansão do mercado consumidor, o que está diretamente relacionado as suas qualidades nutritivas e organolépticas. Sendo assim, bastante utilizada para o preparo de polpa concentrada possibilitando a obtenção de seus derivados, por ser altamente aromática é aproveitado pela indústria como flavorizante na produção de doces, sorvetes, sucos, comportas e bebidas alcoólicas (SILVA, 2018).

Sendo relevante ressaltar também o comércio internacional de produtos farmacêuticos com origem vegetal, que segundo Brito (2017), movimenta um valor que ultrapassa US\$ 40 bilhões anuais. As plantas utilizadas com fins medicinais

devem suas características especiais à presença de princípios ativos, essas substâncias ativas específicas, denominadas metabólitos secundários, precisam ser isoladas e investigadas. Tais substâncias desempenham funções variadas e suas atribuições estão estreitamente ligadas ao caráter ecológico e medicinal (TEIXEIRA, RODRIGUES & SANTOS, 2016).

Devido as suas propriedades farmacêuticas, tendo indicação popular para conter infecções intestinais e gastrite, a sirigueleira tem uma importância nos estudos químicos-farmacológicos (SILVA et al., 2014). Teixeira, Rodrigues e Santos (2016), constataram que os extratos etanólicos da casca do caule e folhas apresentam classe de metabólitos secundários, os quais podem estar relacionados a suas ações fitoterápicas, tornando-a promissora nesse ramo.

2.3 ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DA SIRIGUELEIRA

A procura por antioxidantes naturais tem se tornado cada vez mais recorrente pelas indústrias alimentícias e cosméticas, visto que, ao contrário dos antioxidantes sintéticos, os produtos naturais oferecem mais benefícios para a saúde (QUINTÃO, 2015). Os antioxidantes, encontrados em alimentos funcionais, ajudam a prevenir doenças inibindo ou retardando a ação dos radicais livres, além de impedir a iniciação ou propagação de reações oxidativas sucessivas nos alimentos (SILVA, 2018).

Dentre os oxidantes gerados em organismos vivos, as espécies reativas de oxigênio (EROs) representam a classe mais importante. Uma parte do oxigênio consumido (2 a 5%) é reduzido, produzindo uma variedade dessas substâncias químicas altamente reativas, tais como radical hidroxila ($\cdot\text{OH}$), ânion radical superóxido ($\text{O}_2^{\cdot-}$), peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e hidroperoxila ($\text{ROO}^{\cdot}$). Diretamente não podem ser designadas como radicais livres, visto que algumas delas não apresentam elétrons desemparelhados em sua última camada. Em altas concentrações as EROs causam danos ao DNA e oxidam lipídeos e proteínas (SOUSA et al., 2007; SILVA & GONÇALVES, 2010).

Incluir alimentos que apresentam esses compostos, em especial as frutas tropicais, na dieta alimentar auxilia no combate de tais doenças (QUINTÃO, 2015). Os alimentos, em especial as frutas, dispõem de diversos compostos bioativos, dentre eles, destacam-se o ácido ascórbico, os compostos fenólicos e carotenoides (DUZZIONI, 2009).

Um estudo, feito por Almeida et al. (2011), para analisar a atividade antioxidante de frutas exóticas do nordeste brasileiro, utilizando o método de DPPH^{*} (2,2-difenil-1-picril-hidrazil) que determina a atividade antioxidante através da captura de radical DPPH^{*} posteriormente reduzido a hidrazina; incluiu a siriguela, obtendo os seguintes resultados $1,50 \pm 0,24$ TEAC ($\mu\text{M/g}$) e $47,21 \pm 5,95$ VCEAC ($\text{mg}/100\text{g}$); observou-se ainda que os compostos fenólicos são os principais responsáveis pela capacidade antioxidante dessa fruta, representando $55,0 \pm 2,1$ (mg GAE/100g), já o ácido ascórbico representou $29,6 \pm 0,09$ (mg EAA/100g).

A folha e casca do caule da sirigueleira estão sendo incluídas em pesquisa químico-farmacológica, visto que estas partes das plantas têm uso medicinal pela população para conter diversas doenças e sintomas como diabetes, hipertensão, colesterol, diarreia e dores estomacais (SANTOS, SANTOS & MARISCO, 2017). Essas pesquisas são necessárias pela possibilidade de contribuição para confiabilidade clínica da utilização segura da planta, além de estabelecer relevância socioeconômica na qualidade de vida de comunidades por sua fácil disponibilidade, baixa toxicidade, baixo custo e mínimo risco de efeitos colaterais (BESSA et al., 2013).

Estudos feitos por Oliveira et al. (2017), relataram a presença de compostos fenólicos: fenóis totais, flavonoides e flavanonas no extrato etanólico das folhas da sirigueleira, e uma atividade antioxidante de $23,60 \mu\text{g/mL}$ ($\pm 1,81$) pelo método ABTS (2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolina-6-sulfônico) e $65,21 \mu\text{g/mL}$ ($\pm 8,37$) pelo método DPPH^{*}. No extrato etanólico da casca do caule foram encontrados os compostos fenólicos: taninos e flavonoides (TEIXEIRA, RODRIGUES & SANTOS, 2016).

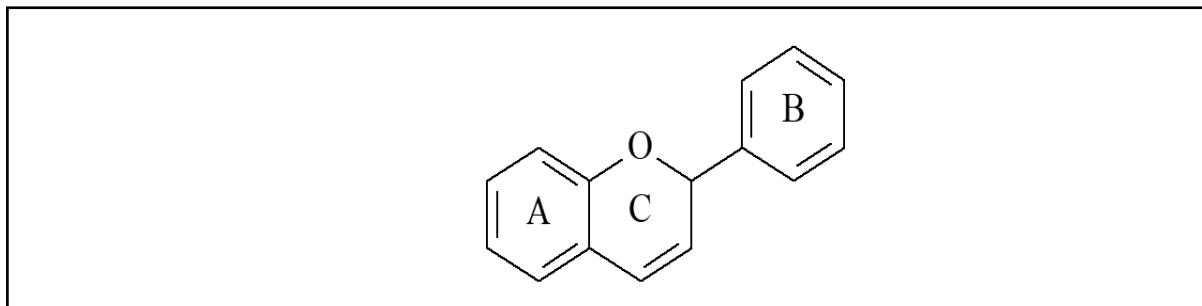
2.3.1 Compostos fenólicos

Os compostos fenólicos são abundantemente encontrados nas plantas, fazendo parte dos constituintes de uma diversidade de vegetais e frutas. Em sua estrutura consta um anel aromático contendo um ou mais grupos hidroxila, dentre eles os mais presentes em alimentos, são: ácido fenólicos, cumarinas, flavonoides e taninos. (DUBICK & OMAYE, 2001; DUZZIONI, 2009). Essas substâncias fazem parte dos metabólitos secundários, que estão associados a estratégias de defesa das plantas (NASS, 2007).

Estes compostos dividem-se em flavonóides (polifenóis) e não-flavonóides (fenóis simples ou ácidos). Os flavonóides apresentam-se nas frutas e nos vegetais,

são compostos de baixo peso molecular, consistindo em 15 átomos de carbono, organizados na configuração $C_6-C_3-C_6$. Sua estrutura química, retratada na Figura 2, consiste em dois anéis aromáticos, denominados anel A e B, unidos por três carbonos que formam um anel heterocíclico, denominado anel C (ANGELO & JORGE, 2007).

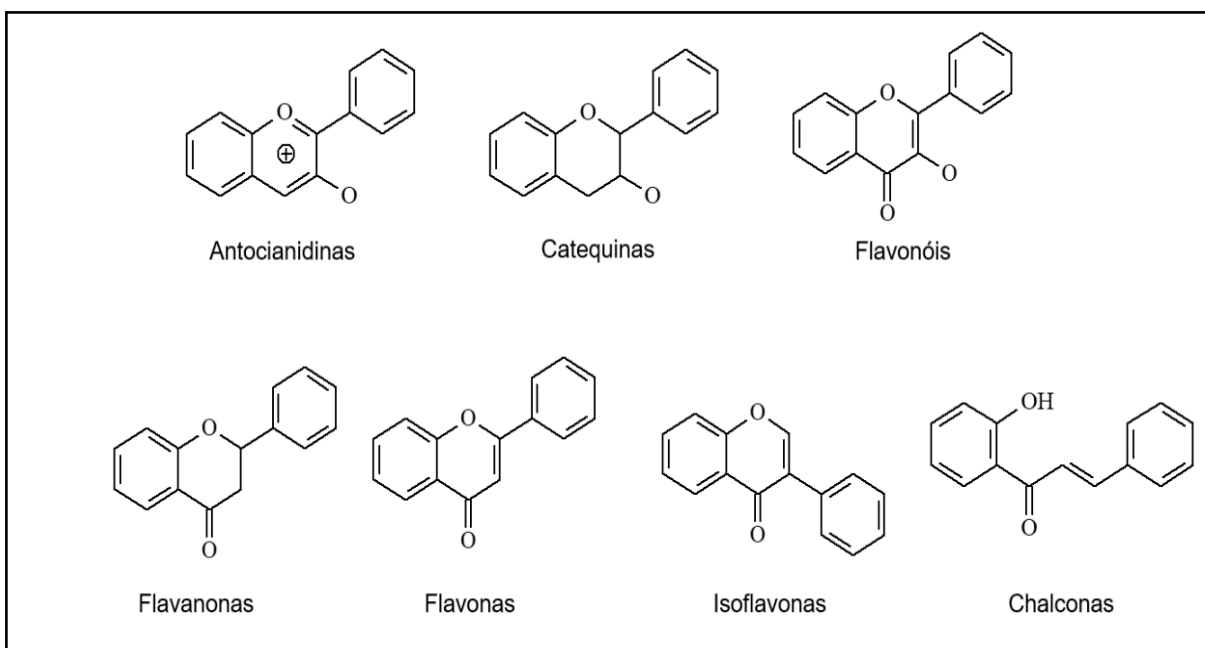
Figura 2 – Estrutura básica dos flavonóides.



Fonte: Autoria própria, (2021).

Variações em substituição do anel C padrão resultam em importantes classes de flavonóides como: flavonóis, flavonas, flavanonas, catequinas, antocianidinas, isoflavonas e chalconas, representadas na Figura 3 (SILVA et al., 2010).

Figura 3 – Estruturas químicas das importantes classes de flavonóides.



Fonte: Autoria própria, (2021).

Os ácidos fenólicos são classificados em três grupos: o primeiro derivado do ácido hidroxibenzóico, em sua estrutura contêm sete átomos de carbono (C_6-C_1) e sendo os mais simples encontrados na natureza, são eles: ácidos gálico, p-hidroxibenzóico, protocatequínico, gentístico, salicílico, vanílico e sirínico; o segundo derivado do ácido hidroxicinâmico, são compostos aromáticos com três

carbonos que formam uma cadeia lateral (C_6-C_3), sendo os mais comuns encontrados no reino vegetal, são eles: ácidos caféico, ferúlico, o-cumárico, p-cumárico, m-cumárico, cinâmico e sináptico; o terceiro são as cumarinas derivadas do ácido cinâmico por ciclização do ácido o-cumárico (SOARES, 2002; NOBRE, 2019).

Os taninos constituem uma classe de polifenóis, com peso molecular relativamente alto, são classificados de acordo com sua estrutura química em dois grupos: taninos hidrolisáveis e taninos condensáveis (ANGELO & JORGE, 2007). Dentre as principais características desses compostos estão: solubilidade em água, com exceção daqueles que apresentam elevado peso molecular; habilidade de ligar-se a proteínas, combinar-se com celulose e pectina para formar complexos insolúveis (BATTESTIN, MATSUDA & MACEDO, 2004).

Taninos hidrolisáveis em sua unidade básica estrutural contêm um poliol, usualmente D-glucose, com seus grupos hidroxilas esterificadas pelo ácido gálico ou pelo hexadihidroxifênico, classificados galotaninos e elagitaninos respectivamente. Taninos condensados ou proantocianidinas são polímeros de flavan-3-ol e/ou flavan-3,4-diol, produtos do metabolismo do fenilpropanol (NOBRE, 2019).

Na dieta humana os taninos condensados são mais comuns do que os taninos hidrolisáveis. Estão presentes em concentrações relativamente significativas em alguns frutos, sucos e vinhos, além de serem responsáveis pela adstringência dos mesmos, e em muitos casos são compostos bioativos em plantas medicinais (BATTESTIN, MATSUDA & MACEDO, 2004).

Segundo Duzzioni (2009), o potencial antioxidante dos compostos fenólicos, que são efetivos doadores de hidrogênio, está correlacionado com o número e a posição dos grupos hidroxílicos e conjugações assim como com a presença de elétrons doadores. Para Silva et al. (2010), a atividade antioxidante dos compostos fenólicos não se restringe a sua habilidade em doar hidrogênio ou elétrons, pois também está relacionada a seus radicais intermediários estáveis, que impedem a oxidação de vários componentes do alimento, principalmente dos lipídios.

No estudo feito por Silva e Melo (2013), com resíduos de siriguela obteve-se um elevado teor de fenólicos totais, apresentando um valor de 4.229,9 mg GAE/100g; dentre os compostos que integram o grupo dos fenólicos, os flavonoides, se destacaram com uma quantidade relevante no resíduo de siriguela, com um teor de 843,8 mg/100g.

2.3.2 Vitaminas

As vitaminas são substâncias orgânicas, que não possuem uma unidade química ou estrutural específica, essenciais para a manutenção e funcionamento do organismo (BOLZAN, 2011). Estes compostos são classificados em dois grupos distintos: vitaminas hidrossolúveis – solúvel em água e as vitaminas lipossolúveis – solúveis em gorduras (PINEIRO, PORTO & MENEZES, 2005).

A dieta alimentar deve ser rica em vitaminas dado que a falta desses nutrientes pode causar doenças, como: cegueira noturna, fraqueza muscular, hemorragia, inflamação, anorexia, anemia e outras (PIRES, 2012). Dentre suas funções estão: absorção de minerais, atividade antioxidante, participa de processos metabólicos, fator coagulante, aumento da imunidade, crescimento do organismo animal, dentre outras (PINHEIRO, PORTO & MENEZES, 2005). A vitamina C e a pró-vitamina A (carotenoides) são as principais vitaminas encontradas e estudadas em siriguelas (LIMA, 2009).

2.3.2.1 Vitamina C

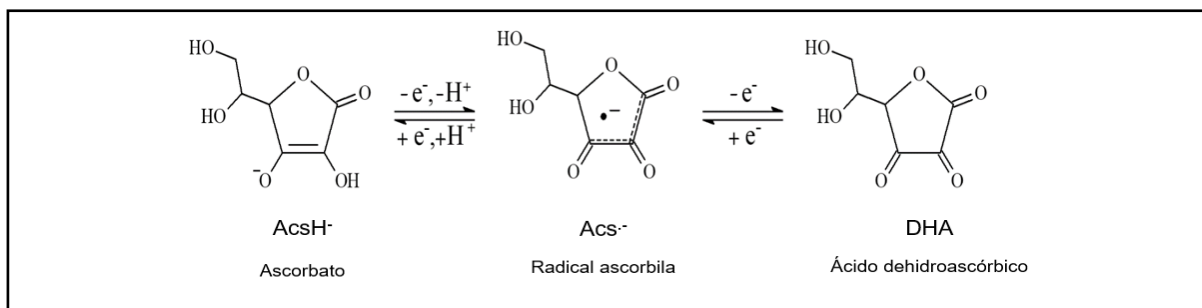
As frutas integram uma fonte de nutricional de vitaminas, minerais e carboidratos, por isso são fortes candidatas para manter uma alimentação saudável (NOGUEIRRA, 2011). Presente nas frutas, o ácido ascórbico, conhecido também como vitamina C, atua como sintetizador de colágeno, facilita a absorção de ferro, participa no processo de inibição de radicais livres, aumenta a resistência às infecções e contribui para controle dos níveis de colesterol (ANDRADE et al., 2002; CARDOSO et al., 2015).

A Figura 4 demonstra a ação do ácido ascórbico sobre os elétrons livres, com a formação do radical ascorbila, que é relativamente não reativo, quando comparado a outros radicais livres. Esta propriedade torna o ácido ascórbico um eficiente antioxidante, capaz de eliminar espécies altamente reativas.

Com a finalidade de alcançar segurança alimentar e nutricional, o projeto TACO - Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (2011), coordenado pela UNICAMP- Universidade Estadual de Campinas, gerou dados sobre a composição dos principais alimentos consumidos no Brasil, dentre eles a siriguela, apresentando um valor de 27 mg/100g de vitamina C. Valor superior foi encontrado por Filgueiras et al. (2001) em

siriguelas maduras do Nordeste brasileiro, obteve-se 34,01 mg/100g de ácido ascórbico.

Figura 4 – Oxidação do ácido ascórbico por um elétron (e^-) formando o radical ascorbila, que ao ser oxidado novamente, gera o ácido dehidroascórbico.



Fonte: Adaptado de Cerqueira, Medeiros e Augusto (2007).

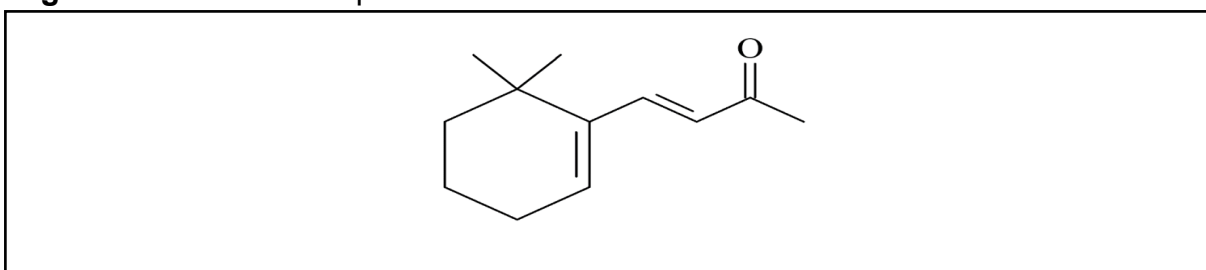
Os teores encontram-se dentro da variação 12-88,1 mg/100g citado por Varga-Simón (2018), mas se mostraram inferiores comparados a fruta consideradas ricas em vitamina C, como a laranja que contém 50-100mg/100g (ANDRADE et al. 2002).

2.3.2.2 Carotenoides

Os carotenoides são pigmentos naturais responsáveis pela coloração amarela, laranja e vermelha. Detentores de uma grande distribuição e variedade de estrutura, com a capacidade de realizar diversas funções (LINS, 2006; SOUSA, 2014). No organismo humano, estes componentes são convertidos em vitamina A (retinol), logo dispõem de suas principais propriedades benéficas, como por exemplo atividade antioxidante agindo contra radicais livres oriundos do estresse oxidativo, além de diminuir a pressão arterial e previr doenças coronárias (MADEIRA, 2015).

Estruturalmente, os carotenoides são definidos como tetraterpenóides, compostos formados quarenta átomos de carbono, unidos por oito unidades de isoprenóides de cinco átomos de carbono, podendo ter um ou dois anéis β -ionona (FIGURA 5), em suas extremidades (MORAIS, 2006).

Figura 5 – Estrutura da β -ionona.

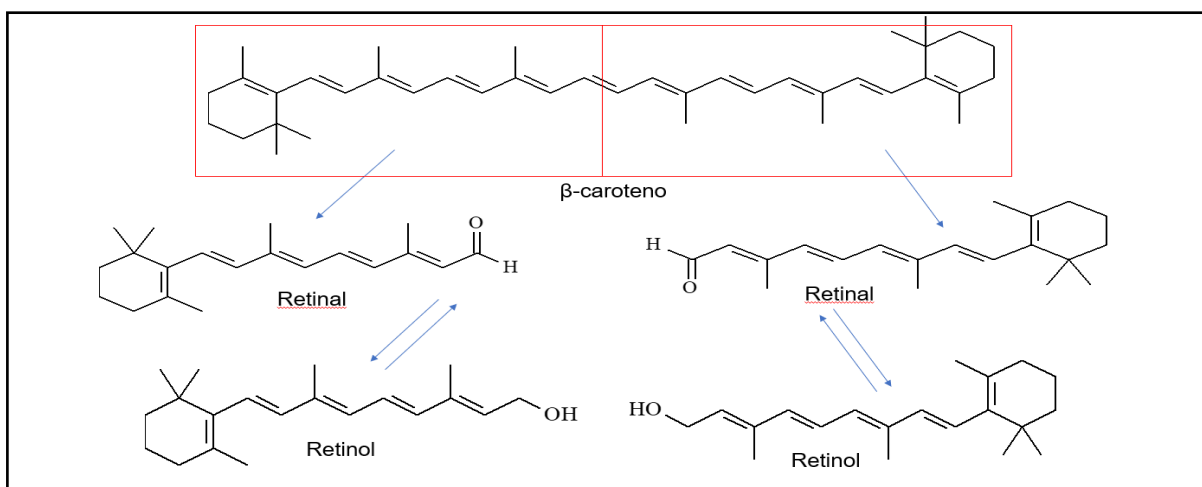


Fonte: Autoria própria, (2021).

A cadeia hidrocarbônica dos carotenoides é caracterizada por obter um grande número de duplas conjugadas, que ajuda na absorção de luz que, em consequência, inativa o oxigênio singlete e radicais livres; essa característica possibilita ainda uma diversidade de isômeros geométricos (cis/trans), sendo que a forma trans a mais comum (LINS, 2006). Essas substâncias podem ser subdivididas em xantofilas – constituídos por grupos substituintes com átomos de oxigênio, como a luteína e zeoxantinas; e carotenos – hidrocarbonados, como β -caroteno e α -caroteno (MADEIRA, 2015).

Nos alimentos, β -caroteno é o carotenoide mais abundante e representa a maior atividade de vitamina A, visto que a molécula de β -caroteno possui dois anéis insubstituíveis de β -ionona e assim tendo a capacidade de produzir duas moléculas de retinol, como pode ser visto na Figura 6; enquanto os demais pró-vitamina A, α -caroteno e β -criptoxantina, produzem apenas uma molécula, pois apresentam apenas um anel insubstituíveis de β -ionona (LIMA, 2009).

Figura 6 – Clivagem simétrica (C 15-15) do β -caroteno, formando duas moléculas de retinal, sendo convertidas em retinol.



Fonte: Adaptado de Ambrosio, Campos e Faro (2006).

Silva e Melo (2013), encontraram um teor de carotenoides totais de 120 $\mu\text{g/g}$ na casca da siriguela nativas do Recife. Em frutas in natura do município do Rio de Janeiro e polpa comercial oriunda de Duque de Caxias (RJ), o valor de carotenóides totais foram 639 $\mu\text{g}/100\text{g}$ e 397 $\mu\text{g}/100\text{g}$, respectivamente (Silva et al. 2007).

Os carotenóides majoritários encontrados na polpa da siriguelas derivadas do Rio de Janeiro por Lima (2009) foram luteína 0,02 $\mu\text{g/g}$ e β -criptoxantina 0,36 $\mu\text{g/g}$, contribuindo com 3,02 $\mu\text{g RE}/100\text{g}$; e na casca e β -caroteno 0,34 $\mu\text{g/g}$, luteína 3,06 $\mu\text{g/g}$ e β -criptoxantina 5,61 $\mu\text{g/g}$, com teor de pró-vitamina A de 52,80 $\mu\text{gRE}/100\text{g}$.

2.4 PRINCIPAIS METODOLOGIAS UTILIZADAS NA DETERMINAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE

Os métodos usados para avaliar a atividade antioxidante *in vitro* de compostos bioativos são ferramentas necessárias no auxílio de pesquisas envolvendo a avaliação da atividade de substâncias isoladas de produtos naturais, além de comprovarem a presença de substâncias antioxidantes em alimentos como frutas, legumes e bebidas (BORGES et al., 2011).

Difícilmente existirá um método simples e universal para medir precisamente e quantitativamente a atividade antioxidante, visto que há uma abrangência de radicais livres que atuam de diversas formas nos organismos vivos. Dessa forma, a procura por testes mais rápidos, baratos e eficientes tem gerado um grande número de métodos para avaliar a atividade de antioxidantes naturais (ALVES et al., 2010).

Os atuais ensaios antioxidantes podem ser classificados em duas categorias: os métodos diretos que são baseados em estudos de cinética química, caracterizados pela presença de uma competição entre uma sonda oxidável e o antioxidante pelos radicais gerados por uma fonte de radicais livres; e os métodos indiretos que são ensaios mediados pela transferência de elétrons, caracterizados por uma reação de oxirredução entre o oxidante (geralmente uma sonda para monitorar a reação) e o antioxidante (TOMEI & SALVADOR, 2007).

2.4.1 Métodos diretos

2.4.1.1 Ensaio ORAC

Capacidade de absorver radical de oxigênio (ORAC) é um método relativamente simples e sensível, que mede a capacidade do antioxidante em sequestrar radicais peroxil, que são gerados da reação do AAPH (2,2'-azobis(2-amidinopropano) dihidroclorado) com oxigênio atmosférico. O radical peroxil reage com o indicador fluorescente (proteínas) para formar um produto não fluorescente, que pode ser medido por espectrofotometria (ALVES et al., 2010).

Esse ensaio foi desenvolvido por Cao et al. (1993), que utilizou como sonda fluorescente a B-ficoeritrina, uma proteína isolada de microalgas da espécie *Porphyridium cruentum*, porém foram detectadas algumas limitações, como:

fotosensibilidade, alta variabilidade, entre outras; dessa forma, OU et al. (2001) com a finalidade de superar as limitações da B-ficoeritrina, resolveram substituí-la pela Fluoresceína - sonsa sintética, tornando o ensaio mais barato, reprodutivo e robusto.

A atividade antioxidante de uma dada substância é determinada através do cálculo da área da amostra sob a curva de decaimento da fluorescência comparado com o “branco” (sem antioxidante presente), permitindo o monitoramento do tempo e grau de inibição durante o processo. O resultado é expressado em unidade de ORAC, que corresponde a quantidade de Trolox em micromols que tem a mesma capacidade antioxidante de um litro da solução testada (ALVES et al., 2010).

2.4.1.2 Método de co-oxidação do β -caroteno/ácido linoléico

Esse método foi inicialmente descrito por Marco (1968) e modificado por Miller (1971). Nele é possível avaliar a capacidade de uma determinada substância prevenir a oxidação do β -caroteno, protegendo-o dos radicais livres gerados durante a peroxidação do ácido linoléico (ALVES et al., 2010).

Trata-se de um método colorimétrico, a leitura é feita a partir da descoloração da solução preparada com β -caroteno e ácido linoleico, monitorada espectrofotometricamente em 470 nm. A descoloração do pigmento alaranjado da solução, ocorre, pois os radicais livres formados, pela oxidação do ácido linoleico, atacam as duplas ligações do β -caroteno, que perde seu cromóforo (LIMA, 2008).

Avaliação da atividade antioxidante por esse método é realizada em meio emulsionado. O Tween-40 é utilizado como emulsificante ajudando a dissolver completamente a solução em clorofórmio, com o solvente completamente removido, é dissolvida em água previamente saturada com oxigênio atmosférico. Utiliza-se como padrões alguns antioxidantes sintéticos, como BHA (2,3-terc-butil-4-hidroxianisol), BHT (2,6-diterc-butil-p-creso) e Trolox, ou naturais, como ácido gálico ou quercetina (ALVES et al., 2010).

2.4.2 Métodos indiretos

2.4.2.1 Ensaio com reagente Folin-Ciocalteu

O ensaio Folin-Ciocalteu foi descrito por Singleton et al. (1999), é considerado

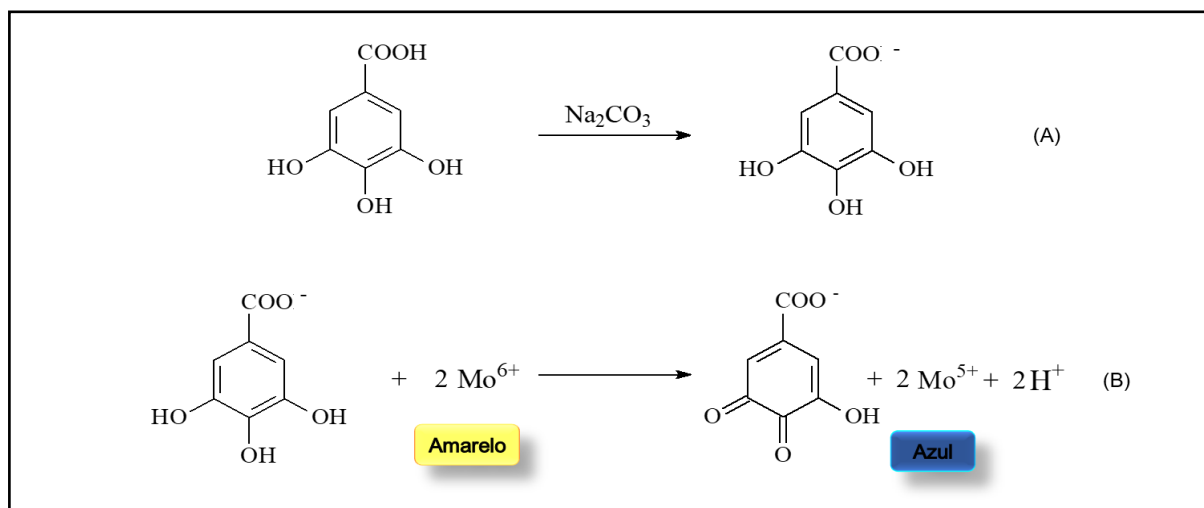
um dos métodos mais antigos usados para quantificação de fenóis em uma amostra, conhecido também como ensaio de fenóis totais (VEBER et al., 2015).

De acordo com Tomei e Salvador (2007), o ensaio Folin-Ciocalteu encontrou outras aplicações, sendo bastante utilizado para mensurar a capacidade antioxidante de uma amostra, fugindo sua característica de “ensaio de fenóis total”. Todavia, diversos estudos estão aplicando o ensaio de fenóis total e um ensaio baseado na transferência de elétrons (TEAC, FRAP, etc.) encontrando correlações entre estes, uma vez que é possível relacionar o perfil de fenóis total e a atividade antioxidante.

A colorimetria do método é baseada na redução química do reagente Folin-Ciocalteu, este contém uma mistura dos ácidos fosfomolibídico e fosfotungstíco, na qual o molibdênio se encontra no estado de oxidação 6 (VI) ($\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – coloração amarelada), que em presença dos compostos fenólicos sofre redução, obtendo como produto dessa reação os complexos molibdênio-tungstênio azuis $[(\text{PMoW}_{11}\text{O}_4)^{4-}]$, apresentando absorvância máxima no comprimento de onda de 765 nm, sendo esta cor proporcional à concentração de compostos fenólicos. Os fenólicos determinados são frequentemente expressos em ácido gálico equivalente (OLIVEIRA et al., 2009; SOARES, 2015).

A Figura 7 demonstra a desprotonação dos compostos fenólicos (no exemplo, o padrão ácido gálico) em meio básico, gerando os ânions fenolatos. Em seguida, ocorre uma reação de oxirredução, na qual o ânion fenolato reduz o reagente de Folin-Ciocalteu e o meio reacional muda de coloração amarela para azul.

Figura 7 – Desprotonação do padrão ácido gálico em meio básico, formando ânion fenólico (A). Redução do molibdênio, componente do reagente de Folin-Ciocalteu, pelo produto da desprotonação do padrão fenólico (B).



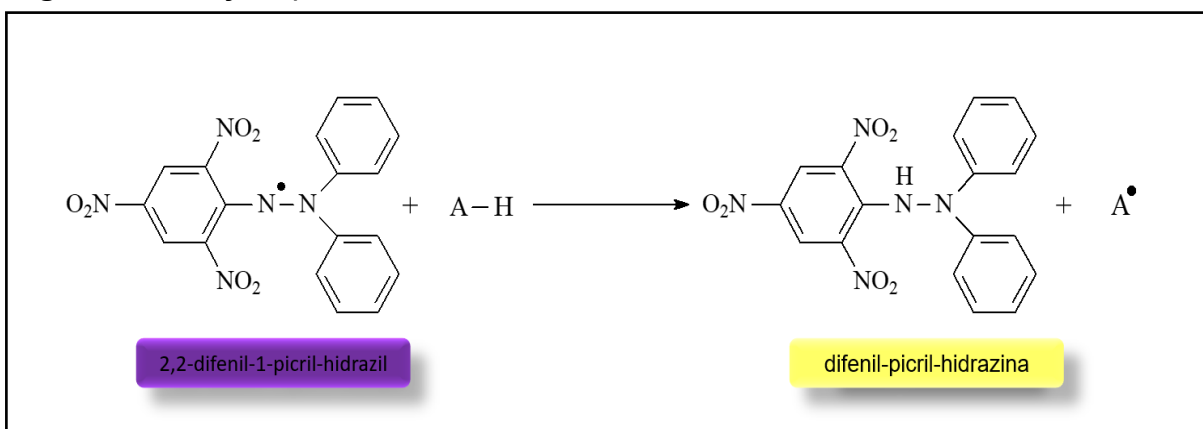
Fonte: Adaptado de Oliveira et al. (2009).

2.4.2.2 Redução do radical DPPH•

O método de DPPH• foi desenvolvido por Blois em 1958, sendo considerado um dos métodos indiretos de determinação da atividade antioxidante mais antigo, inicialmente sugerido para descobrir os doadores de hidrogênio em matérias naturais. Posteriormente foi qualificado para determinar a atividade antioxidante em extratos e substâncias isoladas como: compostos fenólicos, fenólicos totais, flavonóis, cumarinas, quitosana com diferentes pesos moleculares, antocianinas, carotenóides e rutina (BORGES et al., 2011).

O método se baseia na captura do radical livre DPPH•, esse radical contém coloração púrpura, assim absorver em um comprimento de onda máxima de aproximadamente 515 nm. Ao ser capturado por um antioxidante ou uma espécie radicalar, o DPPH• reduz e forma difenil-picril-hidrazina, de coloração amarela (FIGURA 8); dessa forma, durante o processo é possível observar a diminuição da absorbância (GRANGEIRO JÚNIOR, 2016).

Figura 8 - Reação química entre o antioxidante e o radical DPPH•.



Fonte: Adaptado de Rufino et al. (2007).

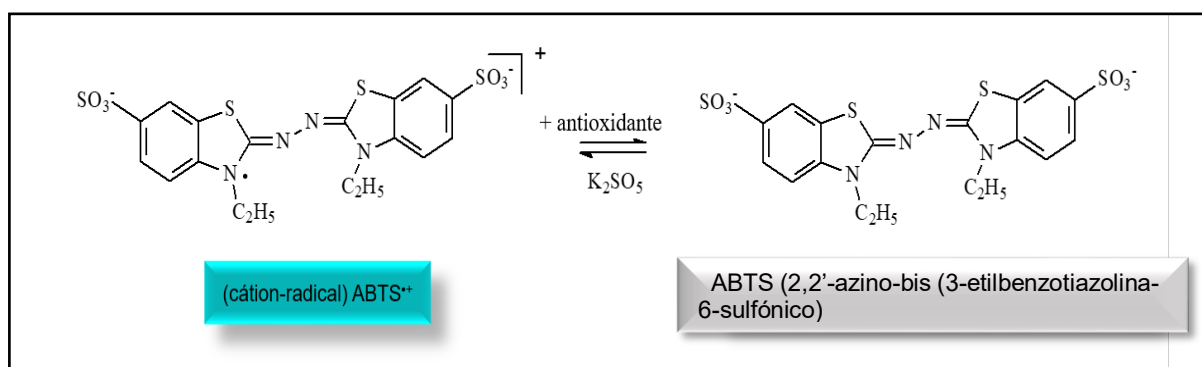
A porcentagem de atividade antioxidante, determinada a partir dos resultados obtidos, equivale à quantidade de radical consumida pelo antioxidante. A quantidade de antioxidante necessária para determinar a concentração inicial do radical em 50% é denominada concentração eficiente (CE_{50}), também denominada de concentração inibitória (CI_{50}). Assim com o aumento do consumo de DPPH• por uma amostra, menor será a CE_{50} e maior a sua atividade antioxidante (SOUZA et al., 2007).

2.4.2.3 Ensaio TEAC

O ensaio TEAC (Trolox equivalent antioxidant capacity) – Capacidade antioxidante Trolox equivalente, foi inicialmente descrita por MILLER et al. (1993) e aperfeiçoada por RE et al. (1999).

Nesse método, segundo Tomei e Salvador (2007) observa-se o decaimento do cátion-radical $ABTS^{•+}$, produzido pela oxidação do ABTS, gerado pela adição de uma amostra contendo antioxidantes. O $ABTS^{•+}$ reage energeticamente com um doador de átomo de hidrogênio, como compostos fenólicos, sendo convertido em uma forma não colorida do ABTS (FIGURA 9). A quantidade de $ABTS^{•+}$ consumida é determinada devido a sua reação com uma amostra contendo compostos fenólicos, sendo expressa em Trolox equivalente.

Figura 9 – Reação entre $ABTS^{•+}$ e um antioxidante, formando ABTS (2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolina-6-sulfônico), substância incolor.

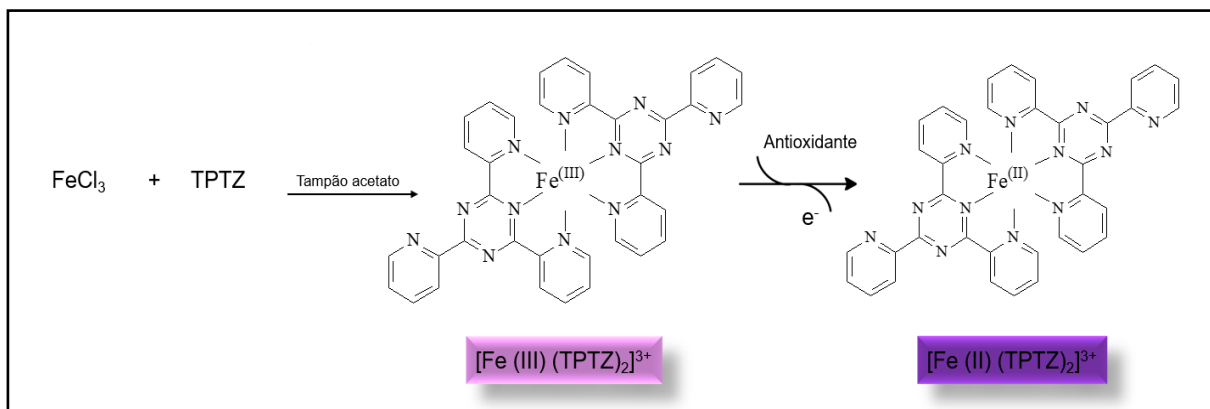


Fonte: Adaptado de Rufino et al. (2007).

2.4.2.4 Ensaio FRAP

O método FRAP – Poder Antioxidante de Redução do Ferro, está baseado na produção do íon Fe^{2+} (forma ferrosa) a partir da redução do íon Fe^{3+} (forma férrica) presente no complexo 2,4,6- tripiridil-s-triazina (TPTZ), a Figura 10 exhibe a reação descrita.

Figura 10 - Reação química da redução de Fe^{3+} (forma férrica) presente no complexo com TPTZ (2,4,6-tripiridil-s-triazina), produzindo Fe^{2+} (forma ferrosa).



Fonte: Adaptado de Urrea-Victoria et al. (2016).

Com a redução do TPTZ, há uma alteração na cor da solução, passando de roxo claro a um roxo intenso, cuja absorbância pode ser medida no comprimento de onda de 595 nm. Quanto mais intensa a tonalidade da reação maior será absorbância da amostra, obtendo assim um elevado potencial antioxidante. O ensaio é expresso em ácido ascórbico equivalente (Urrea-Victoria et al., 2016).

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

- Realizar uma pesquisa bibliográfica da atividade antioxidante da sirigueleira (*Spondias purpurea* L.), no período de 2011 a 2021.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Pesquisar no banco de dados *Scopus* trabalhos científicos que relatem a atividade antioxidante da sirigueleira;
- Descrever as principais metodologias utilizadas para a determinação e quantificação da atividade antioxidante da sirigueleira;
- Comparar a atividade antioxidante presente no fruto, folha e caule da sirigueleira.

4 METODOLOGIA

4.1 TIPO DE PESQUISA

O presente estudo trata-se de uma revisão bibliográfica. Ao fazer um levantamento do conhecimento disponível na área, sendo este feito em livros ou obras similares, o investigador identifica as teorias produzidas, as analisa e avalia sua contribuição ao ajudar na compreensão ou explicação do tema ou problema em estudo (KÖCHE, 2011).

Podendo ser classificada como uma pesquisa descritiva-explicativa, pois segundo Gil (2010), a pesquisa descritiva tem como objetivo descrever as características de um determinada população ou fenômeno ou estabelecer relações entres variáveis; e a pesquisa explicativa tem por objetivo identificar os fatores que determinam ou que colaboram para ocorrência dos fenômenos, aprofundando-se o conhecimento da realidade, já que explica o porquê das coisas.

4.2 PROCEDIMENTO DA PESQUISA

As informações do levantamento bibliográfico foram adquiridas por meio do banco de dados da *Scopus*. Base que oferece literatura revisada por pares, com ferramentas inteligentes para acompanhar, analisar e visualizar a pesquisa. *Scopus* contém mais de 22.000 títulos de mais de 5.000 editores em todo o mundo, abrangendo as áreas de ciência, tecnologia, medicina, ciências sociais e Artes e Humanidades (ELSERVIE, 2015).

Foram analisadas as publicações científicas referentes a atividade antioxidante da *Spondias purpurea L.*, encontradas na base de dados utilizando as palavras-chave “antioxidant activity *Spondias purpurea L.*”, estratégia de busca utilizada {TITLE-ABS-KEY (antioxidante AND activity AND spondias AND pupurea AND I.)}.

Foram incluídos nessa revisão os artigos publicados entre os anos de 2011 a 2021, dando prioridade as publicações mais recentes e aquelas que enfatizam o potencial antioxidante da folha e caule da siriguela, ou casca, polpa e semente do seu fruto. Foram excluídos do levantamento de dados, os artigos que mesmo encontrados na busca não abordavam o assunto proposto, mostraram-se irrelevantes, como aqueles que se referiam a farinha da semente usada como aditivo em alimentos.

4.3 ANÁLISE DOS DADOS

Após a coleta dos dados, foi realizada a leitura e tradução de todo material e as principais informações foram reunidas. Posteriormente foi realizada uma análise descritiva das mesmas acompanhada de discussão sobre os aspectos abordados, buscando estabelecer uma compreensão e ampliar o conhecimento sobre o tema pesquisado.

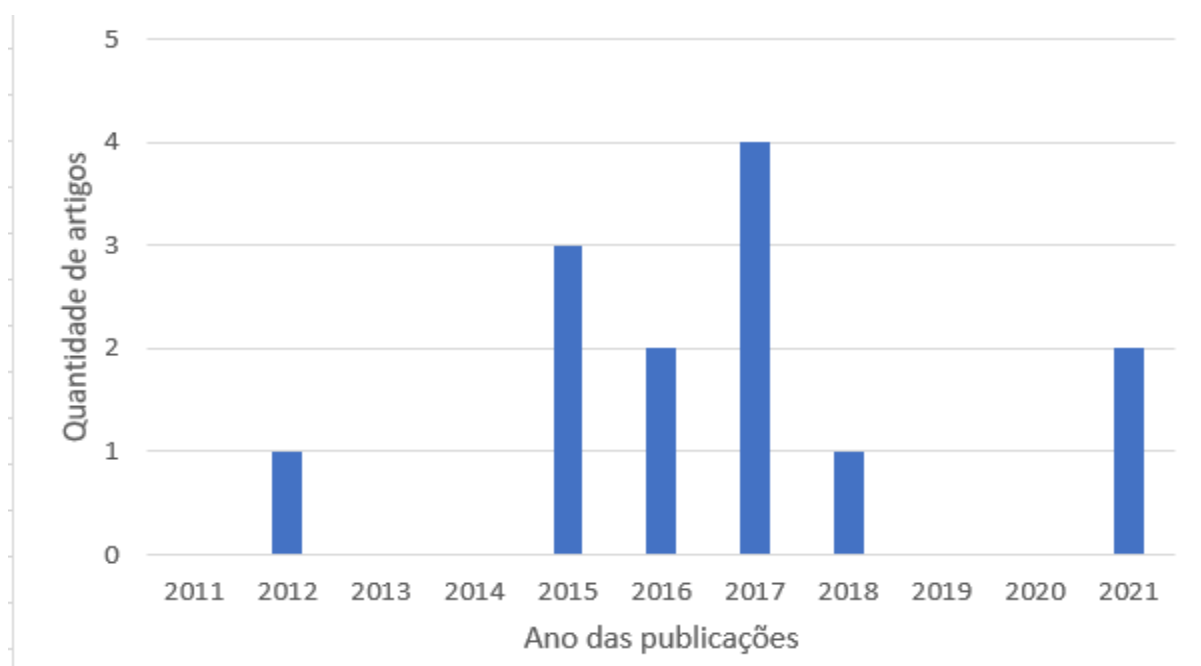
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO DOS ARTIGOS ENTRE OS ANOS 2011-2021

A pesquisa realizada no banco de dados *Scopus* revelou a existência de 13 artigos entre os anos de 2011-2021, descritos no Gráfico 1, quando utilizado o termo “antioxidant activity *Spondias purpurea* L.”. Nele, observa-se que o maior número de publicações ocorreu entre os anos de 2015 a 2017.

Segundo Villa-Hernandez et al. (2017), o aumento no números de pesquisas voltados aos antioxidantes naturais está relacionada aos seus benefícios, visto que reduzem o estresse oxidativo e previnem a oxidação de biomoléculas, os quais geram radicais livres capazes de causar danos ao organismo, sendo utilizados também para substituir os antioxidantes sintéticos; tornando-se assim de interesse de diversas áreas, como: indústrias cosméticas, farmacêuticas e principalmente na indústria alimentícia.

Gráfico 1 - Dados obtidos na plataforma de publicação da *Scopus*.



Fonte: Autoria própria, (2021).

Em 2011, 2013, 2014, 2019 e 2020 não foram publicados artigos sobre o tema pesquisado. De acordo com Quintão (2015), estudos que analisem a maturação, o perfil de compostos bioativos e a capacidade antioxidante de frutos das espécies de *Spondias*, em especial de *Spondias purpurea* L. são escassos.

Nos estudos de Costa (2018), foi relatado que há uma escassez em relação as informações que descrevem a identificação dos compostos bioativos dos frutos do gênero *Spondias*, a maioria das pesquisas apresentam apenas a quantidade total de carotenoides ou a quantidade total de compostos fenólicos.

Para Soares (2011) e Silva (2018), apesar da siriguela ser bastante difundida no comércio e nas indústrias alimentícias, poucas são as informações sobre a determinação dos seus constituintes e seus os benefícios.

Dentre as publicações encontradas 10 delas se tratava da atividade antioxidante do fruto, abrangendo os estágios de maturação, casca e semente, obteve-se também 2 artigos referentes a atividade antioxidante do fruto inteiro e casca do caule da sirigueleira e 1 artigos da atividade antioxidante da folha da sirigueleira.

Dessa forma, além da escassez de trabalhos que tracem o perfil dos compostos antioxidantes em frutas da sirigueleira, também foi perceptível a falta de pesquisas que visem a determinação e quantificação da atividade antioxidante de outras partes dessa planta.

No trabalho realizado por Elufioye e Berida (2018), foi determinado o perfil da composição fitoquímica da fruta inteira e casca do caule da *Spondias purpurea* L. por cromatografia gasosa-espectrometria de massa (GC-MS), os extratos foram divididos em n-hexano, diclorometano, acetato de etila e fração aquosa, sendo a fração n-hexano analisados em GC-MS. Para a determinação do conteúdo fenólico total utilizou-se o método de Folin-Ciocalteu e para determinar o conteúdo de flavonoides o ensaio colorimétrico de cloreto de alumínio e a atividade antioxidante utilizou-se DPPH.

O segundo trabalho que relata o estudo da casca do caule, desenvolvido por Rodrigues et al. (2021), teve como objetivo preparar filmes ativos e revestimentos de amido da fruta (SBLE) e extrato fenólico de casca do caule (SBPE) de *Spondias purpurea* L., formulados com diferentes teores de SBPE (5-20% em peso de amido) para obtenção de filmes e revestimentos com propriedades antioxidante capazes de melhorar o armazenamento de frutas.

Nos estudos de Almeida et al. (2017) foram avaliados a atividade antiúlcera, o perfil fitoquímico utilizando cromatografia em camada delgada (TLC) e Cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) do extrato hexânico das folhas da sirigueleira e a atividade antioxidante usando DPPH, ABTS, FRAP e ensaio Folin-Ciocalteu.

Sendo assim importante ressaltar as principais áreas de pesquisa as quais

estavam relacionados os artigos encontrados: agricultura e ciência biológica (10 artigos), bioquímica, genética e biologia molecular (3 artigos), enfermagem (1 artigo), economia (1 artigo) e química (1 artigo).

Para Freire et al. (2011) a produção agrícola tem desencadeado uma série de pesquisas, que visam à descoberta de novas fontes nutricionais e suas aplicabilidades, aproveitamento de subprodutos e resíduos desse processo.

Algumas substâncias com possível envolvimento com as fisiopatologias humanas, como as espécies reativas de oxigênio (ERO), segundo Silva et al. (2010), vêm atraindo o interesse de diversos setores da sociedade principalmente aqueles relacionados a saúde pública.

5.2 PRINCIPAIS METODOLOGIAS IDENTIFICADAS NOS ARTIGOS

O presente estudo verificou, a partir dos artigos selecionados, que o método DPPH é utilizado em 84,61% dos estudos de avaliação antioxidante da sirigueleira. De acordo com Barbosa e Souza (2020), o uso desse método deve-se ao fato de que a molécula de DPPH é bastante conhecida por caracterizar-se como um radical orgânico livre estável e tem muitas vantagens, tais como uma boa estabilidade na ausência da luz, aplicabilidade, simplicidade e viabilidade.

Quadro 1: Metodologias utilizadas na determinação e quantificação da atividade antioxidante da sirigueleira.

Autor/Ano	Metodologias utilizadas estudo da atividade antioxidante da <i>Spondias purpurea</i> L.
Omena et al. (2012)	Folin-Ciocalteu, AOAC (1997), FRAP, DPPH, ABTS e CUPRAC.
Reis et al. (2015)	DPPH
Solorzano-Móran et al. (2015)	Folin-Ciocalteu, Alia et al. (2002) e DPPH
Todisco, Costa e Clemente (2015)	Artigo indisponível para Download/ Resumo não apresentou a metodologia utilizada

Silva et al. (2016)	Folin-Ciocalteu, Jarzycka et al. (2003) e DPPH
Kohatsu et al. (2016)	ABTS
Varga et al. (2017)	Folin-Ciocalteu, Rodríguez-Amaya e Kimura (2004), Arvouet-Grand et al. (1994), DPPH, FRAP e ABTS
Almeida et al. (2017)	Folin-Ciocalteu, Fosfomolibdênio, FRAP, ABTS e DPPH
Álvarez-Vargas et al. (2017)	Folin-Ciocalteu, Rodríguez-Amaya e Kimura (2004), DPPH, FRAP e ABTS
Villa-Hermández et al. (2017)	Folin-Ciocalteu, HPLC, ABTS e DPPH
Elufioye e Berida (2018)	Folin-Ciocalteu, Ensaio colorimétrico de cloreto de alumínio, GC-MS e DPPH
Vasconcelos et al. (2021)	Folin-Ciocalteu, DPPH e ABTS
Rodrigues et al. (2021)	DPPH e ABTS

Fonte: Autoria própria, 2021.

O método Folin-Ciocalteu foi o segundo mais utilizado nos estudos selecionados, presente em 69,23% dos artigos. De acordo com Angelo e Jorge (2007), o reagente Folin-Ciocalteu é um dos mais utilizados para a determinação de fenólicos totais em vegetais, por ser mais sensível à redução pelos fenóis e diminuir a tendência à precipitação. Essa metodologia não é específica, pois detecta todos os grupos fenólicos presentes no extrato, incluindo aquelas proteínas extraíveis; outra desvantagem é a interferência de reduzir substâncias como ácido ascórbico.

O método ABTS^{•+} (61,53%) foi o terceiro mais citados nos trabalhos selecionados. Sucupira et al. (2012) afirmam que, este método apresenta vantagens em relação a outros, sendo um dos testes mais rápidos de atividade antioxidante e que oferece resultados reprodutíveis, além de oferecer vários máximos de absorção

e uma boa solubilidade, permitindo análises para amostras hidrossolúveis e lipossolúveis. Sendo utilizado em vários tipos de frutos, como: acerola, goiaba, camu-camu, açaí, maracujá, pitanga, entre outros.

Omena et al. (2012), para verificar a quantidade de ácido ascórbico realizou o procedimento de acordo com AOAC – Associação de Químicos Analíticos Oficiais (1997) adaptado por Oliveira, Godoy e Prado (2010).

Para a determinação e quantificação do teor de carotenóides foram encontradas metodologias diferentes, como as Alia et al. (2002) e Rodríguez-Amaya and Kimura (2004) apresentadas por Solorzano-Móran et al. (2015), Vargas et al. (2017) e Álvarez-Vargas et al. (2017), respectivamente.

Para a determinação e quantificação do teor de flavonoides foram usadas Jarzycka et al. (2013) e Arvouet-Grand et al. (1994) por Silva et al. (2016) e Vargas et al. (2017), respectivamente.

Os autores citaram ainda outras metodologias que são encontradas com frequência na literatura, são elas: CUPRAC, HPLC e Ensaio colorimétrico de cloreto de alumínio.

O CUPRAC - Capacidade antioxidante redutora de cobre, baseia-se na redução de Cu (II) a Cu (I) pela ação combinada de todos os antioxidantes (agentes redutores) em uma amostra. Assim, o método compreende a mistura da solução antioxidante (diretamente ou após a hidrólise ácida) com uma solução de cloreto de cobre (II), uma solução alcoólica de neocuproína [Cu (II) – Nc] e um tampão aquoso de acetato de amônia em pH 7, a absorbância é observada a 450 nm (APAK et al., 2004).

Em relação ao método FRAP, Apak et al. (2004) ressaltam que, o reagente CUPRAC se apresenta mais vantajoso devido a química redox do cobre envolver uma cinética mais rápida em relação aos íons férricos e também por ser razoavelmente seletivo, estável, facilmente acessível e sensível a oxidantes do tipo tiol.

O método colorimétrico de cloreto de alumínio ($AlCl_3$) é bastante aplicado para a determinação de flavonóides totais em plantas, baseia-se na formação de complexos estáveis entre o cátion alumínio e os flavonóides em metanol, ocorre na análise espectrofotométrica um desvio para maiores comprimentos de onda e uma intensificação da absorção, a leitura é feita na faixa dos 425 nm (MARCUCCI, WOISKY & SALATINO, 1998).

De acordo com os mesmos, esse método é preciso, pois fornece desvios muito pequenos ou nulos entre um ensaio e outro com a mesma amostra. Entretanto, ele é

pouco exato, fornecendo valores diferentes para a quantidade de flavonóides totais presentes na amostra.

Villa-Hermández et. al (2017), empregou para a determinação de carotenóides a cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC). O método HPLC é bastante sensível, sendo possível identificar e quantificar componentes presentes em qualquer amostra, tais como, extratos de plantas, alimentos, drogas, produtos químicos industriais, entre outros. Sua aplicação na determinação de carotenoides tem custos elevados e é propícia a erros, causados pela diversidade e instabilidade dos compostos, além de uma difícil extração (BORGES et al., 2011; SILVA, 2014).

O processo da quantificação funciona pela adsorção do analito de interesse na fase estacionária, que se encontra numa coluna de aço inoxidável, e uma fase móvel líquida. A separação dos componentes da amostra ocorre devido as diferentes interações que acontecem entre eles e as duas fases. A detecção dos componentes separados é efetuada por meio de um monitoramento contínuo do efluente que sai da coluna cromatográfica, assim, à medida que são eluídos da coluna passam por um detector, com sensibilidade para responder a alterações na concentração de todos os compostos de interesse. Os detectores mais utilizados são o detector de absorção UV/Vis e o detector de fluorescência (SILVA, 2014).

O método FRAP é bastante citado, principalmente, nos estudos que fazem comparações entre as metodologias de determinação da atividade antioxidante. É considerada uma metodologia simples e barata, porém suscetível a limitações e erros, pois compostos com potencial redox inferior ao do redox Fe (III)/ Fe (II) , reduz Fe (III) a Fe (II) , assim os valores obtidos são altos e falsos (MAGALHÃES et al. 2008).

Para Vargas et al. (2017), a variedade de metodologias para a determinação da atividade antioxidante apresenta tendências diferentes, gerando assim a necessidade de empregar mais de um método. Desse modo, os resultados tendem a diferir significativamente. Shah e Modi (2015) relatam que, os diferentes valores podem ser causados pela diversidade de antioxidantes contidos nas amostras, cada um deles reage de uma forma com os radicais utilizados. Portanto, cada procedimento tem suas próprias vantagens e limitações em relação ao custo, disponibilidade dos reagentes, tempo de preparo, reprodutibilidade, etc.

5.3 ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DO FRUTO, FOLHA E CAULE DA SIRIGUELEIRA

O fruto da sirigueleira tem destaque na maioria das pesquisas sobre a atividade antioxidante dessa espécie. No Quadro 2 serão demonstradas as partes da sirigueleira estudadas pelos artigos selecionados.

Quadro 2: Partes da *Spondias purpurea* L. em estudo da atividade antioxidante.

Autor/Ano	Partes da <i>Spondias purpurea</i> L. em estudo da atividade antioxidante
Omena et al. (2012)	Polpa, casca e semente do fruto
Reis et al. (2015)	Fruta inteira
Solorzano-Móran et al. (2015)	Polpa e casca do fruto
Todisco, Costa e Clemente (2015)	Polpa
Silva et al. (2016)	Casca do fruto
Kohatsu et al. (2016)	Fruta inteira
Varga et al. (2017)	Polpa e casca do fruto
Almeida et al. (2017)	Folhas
Álvarez-Vargas et al. (2017)	Polpa e casca do fruto
Villa-Hermández et al. (2017)	Polpa e casca do fruto
Elufioye e	Fruta inteira e casca do caule

Berida (2018)	
Vasconcelos et al. (2021)	Polpa
Rodrigues et al. (2021)	Fruta inteira e casca do caule

Fonte: Autoria própria, 2021.

Villa-Hermández et al. (2017) observaram que, em todos os ecotipos envolvidos em seus estudos a capacidade antioxidante foi maior na casca do que na polpa, sendo o teor fenólico total (4 a 10 vezes maior na casca) e os carotenóides (40 vezes maior na casca) os principais responsáveis por essa característica. Resultados parecidos foram obtidos por Solorzano-Móran et al. (2015), visto que a casca apresentou 3,3 mg/g de teor fenólico (3 vezes menor na polpa) e o valor de carotenóides também maior variando de 7,2 a 35 mg/100g, assim obtendo uma atividade antioxidante média de 3 mM (ACECA)/g na casca e 0,7 mM (ACECA)/g na polpa.

Dentre os ecotipos estudados por Solorzano-Móran et al. (2015) e Villa-Hermández et al. (2017), tem-se em comum “Costeña”, “Jacote”, “Amarilla” e “Tlaxmalac”, ambos coletaram em diferentes regiões do México. Evidenciaram que a “Tlaxmalac” e “Costeña” apresentaram o maior valor de capacidade antioxidante tanto na casca quanto na polpa, enquanto “Jacote” e “Amarilla” estavam entre aqueles com menor capacidade antioxidante.

No trabalho de Vargas et al. (2017), também foram analisadas a casca e polpa de siriguela do México, em diferentes estágios de maturação. O epicarpo maduro apresentou os maiores teores de fenóis totais (190 mg/g GAE), flavonóides (214 mg/g QE) e carotenóides (853 mg/g) em relação aos demais estágios de maturação. A capacidade antioxidante foi maior no epicarpo do fruto maduro em comparação aos outros estágios de amadurecimento: DPPH (1087 μ M TE/ 100g), ABTS (1534 μ M TE/ 100 g) e FRAP (1764 μ M TE/ 100g).

Chaves Neto, Silva e Dantas (2020), ao avaliarem a polpa do fruto da uvaieira (*Eugenia pyriformis* Cambess) em diferentes estágios de maturação, também observaram que a capacidade antioxidante total aumenta com o avanço da maturação da uvaia, mediante o aumento dos teores de carotenoides e flavonoides amarelos, que determina as principais mudanças nos estádios finais da maturação deste fruto.

Álvarez-Vargas et al. (2017), analisaram casca e polpa de siriguelas mexicanas, em diferentes estações, seca ao úmido. A concentração de fenóis totais apresentou-se entre 2,1 e 2,7 vezes maior na casca (0,40 e 0,22 mg/g) do que na polpa (0,14 e 0,10 mg/g); o teor de carotenóides foi 2,5 e 3,7 maior na casca (0,14 e 1,99 mg/g) do que na polpa (0,058 e 0,53 mg/g). Assim como nos trabalhos anteriores a casca obteve maiores valores de atividade antioxidante: DPPH (99,28 mg EAA/ 100g), ABTS (187,08 mg EAA/ 100g) e FRAP (154,31 mg EAA/100g). Também foi determinado que os melhores genótipos para consumo in natura são os de clima úmido e dois do clima seco, sendo eles o Jacote e Chapilla.

Ao averiguar a influência da sazonalidade na atividade antioxidante do açaí (*Euterpe oleracea Mart.*), Malcher (2011), utilizou os métodos DPPH, ABTS e Sistema β -caroteno/ácido linoleico. Na safra de verão, que ocorre no período de julho a outubro, foram obtidos os maiores teores de antocianinas e atividade antioxidante. Ao ser avaliados pelo método DPPH o açaí nativo localidade de Mazagão Novo (Mazagão) apresentou as seguintes variações de $837,78 \pm 1,12$ g fruta/g DPPH em julho a $649,71 \pm 0,56$ g fruta/g DPPH em setembro, valores mais elevados que os encontrados para a siriguela na mesma época.

Valores elevados para a casca foram ainda relatados por Silva et al. (2016), ao analisarem siriguelas do nordeste brasileiros pelo método DPPH, apresentando um percentual de inibição igual a 74,41.

Omena et al. (2012), analisaram a polpa, casca e semente de três frutas, incluindo a siriguela, concluíram que semente é a parte do fruto que detém a maior quantidade de conteúdo antioxidante. O teor de fenóis totais da semente ($254,7 \pm 42,1$ mg GAE/g) foi superior ao da casca ($122,2 \pm 13,2$ mg GAE/g); os valores de ácido ascórbico por sua vez foram mais elevados na semente ($3,32 \pm 0,09$ mg/g) e polpa ($1,30 \pm 0,05$ mg/g). Dos quatro métodos empregados para quantificação da atividade antioxidante, a semente se destacou em dois deles: DPPH ($37,64 \pm 1,25$ RSA%–DPPH*) e CUPRAC ($8,87 \pm 0,23$ mM Trolox/g).

Daiuto et al. (2014), analisaram a atividade antioxidante da casca, polpa e semente de abacates 'Hass' pelos métodos Folin-Ciocalteu, ABTS e DPPH. Determinaram que a casca ($63,5 \pm 7,2$ mg GAE/g) e semente ($57,3 \pm 2,7$ mg GAE/g) apresentam maiores teores de fenóis totais em comparação com a polpa ($3,3 \pm 0,7$ mg GAE/g); assim como a siriguela a atividade antioxidante da semente ($410,7 \pm 35,8$ μ M TE/g) de abacate 'Hass' se mostrou mais eficiente que a casca ($310,0 \pm 36,9$ μ M

TE/g) quando o método DPPH foi aplicado.

Ao determinar o teor fenólico e flavonóides da fruta inteira, Reis et al. (2015), obtiveram 0,897g GAE/g e 1,27g GAE/g, respectivamente. No ensaio de eliminação DPPH, o valor IC₅₀ do extrato ocorreu em 43,10 µg/mL. A fruta inteira também foi avaliada por Elufioye e Berida (2018), encontraram valores menores para fenóis totais (0,009 g GAE/g) e flavonóides 0,003g GAE/g; com o valor IC₅₀ ocorrendo em 280,0±7,1 µg/mL.

Propriedades bioativas da casca do caule também foram averiguadas por Elufioye e Berida (2018), assim concluíram que em relação a fruta inteira a casca do caule contém valores superiores de fenóis totais (0,029 g GAE/g) e flavonóides (0,007 g GAE/g); com o valor IC₅₀ ocorrendo em 8,3±1,51 µg/mL. Reafirmando os resultados encontrados por Rodrigues et al. (2021) ao usar biofilmes e revestimentos de amido da fruta e extrato fenólico de casca do caule de *Spondias purpurea* L., sendo que aqueles contendo o SBPE apresentaram propriedades bioativas, contribuindo para um melhor armazenamento, conservação e proteção dos frutos.

Biofilmes ativos contendo flavonóides naturais surgiram recentemente com potencial para inibir a oxidação de alimentos ao interagir com eles e/ou com o ambiente ao redor, sendo assim, Vasconcelos et al. (2021), em suas pesquisas obteve uma fração rica em flavonóides da polpa e incorporaram ao filme de acetato de celulose com o intuito de formular filmes biodegradáveis com propriedades antioxidantes. Concluiriam que as polpas de siriguela são uma alternativa como fonte de compostos ativos para serem incorporadas em filmes de acetato de celulose.

O extrato fenólico da casca do caule da *Sondias purpurea* L., segundo Rodrigues et al. (2021), causaram mudanças significativas nos filmes de amido, especialmente quando em excesso, favorecendo aos filmes propriedades ativas (antioxidante e absorventes de ultravioleta). Os revestimentos contendo SBPE foram aplicados em mangas processadas, armazenadas por 10 dias a 12° C; proporcionando assim melhor ação protetora, reduzindo e retardando o seu escurecimento, além de reduzir o ataque de fungos.

Os filmes ativos também foram aplicados sobre siriguelas. Kohatsu et al. (2016), constataram um aumento da vida útil e preservação dos compostos fenólicos e propriedades antioxidantes dos frutos ao serem embalados com biofilme revestido com fécula de mandioca.

Além do armazenamento têm-se outros fatores que podem influenciar e alterar

os constituintes e propriedades da fruta. Todisco, Costa e Clemenete (2015), concluíram que o processo desidratação por atomização, que é um tipo de processamento, causou alterações significativas no conteúdo de carotenóides, ácido ascórbico; houve aumento dos compostos fenólicos totais e flavonóides amarelos.

Ao avaliar extrato hexânico de folhas da sirigueleira, Almeida et al. (2017), encontraram um conteúdo fenólico de $107,36 \pm 1.82$ mg/g GAE, sendo inferior aos encontrados para casca e semente do fruto, e superior aos da polpa e casca do caule. (OMENA et al. 2012; ELUFIOYE & BERIDA, 2018).

Resultados parecidos foram relatados nos estudos de Everton et al. (2018), que ao verificar o extrato das folhas ($116,76 \pm 0,01$ mg EAT/g) do limão siciliano (*Citrus limon* (L.) Burn) encontraram um conteúdo fenólico inferior aos obtidos para a casca ($430, 20 \pm 0,0$ mg EAT/g) e suco *in natura* do fruto ($289,63 \pm 0,01$ mg EAT/g).

Alguns autores citaram os principais carotenóides presentes na polpa e casca da siriguela, sendo eles a luteína, α e β -caroteno, β -criptoxantina e zienoxantina (Solorzalo-Moran et al., 2015; Villa-Hermández et al., 2017). Os principais flavonoides também foram estudados por Reis et. al (2015) e Silva et. al (2016), sendo eles rutina e quercetina.

A partir da cromatografia gasosa-espectrometria de massa (GC-MS), Elufioye e Berida (2018), identificaram diversos compostos e seus nomes químicos, fórmula, peso e área de pico. Na fração n-hexano da casca do caule foram detectados 13 compostos, dentre eles 9,17-octadecadienal (20,51%), ácido trans-13-octadecenóico (12,61%), ácido pentadecanóico (8,3%), ácido n-hexadecanóico (15,24%). Das atividades biológicas presentes nos compostos estão propriedades antioxidantes, ciclo-oxigenase, anti-inflamatório, inseticidas, preventivos do câncer e outras.

A análise fitoquímica feita por Omena (2012), determinou os compostos bioativos presentes na casca e semente da siriguela, dentre eles estavam fenóis e taninos, antraquinonas, antrona e cumarinas, triterpenóides e esteroides; somente na casca observou-se a presença de antocianinas, proantocianidinas e flavonóides; somente na semente foi observado aleucoantocianidinas, catequinas, flavanonas e saponinas. As polpas não foram analisadas devida à formação de precipitados durante os testes.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa realizada a partir do recorte teórico de 2011 a 2021 na plataforma *Scopus*, com a palavra-chave “antioxidant activity *Spondias purpurea* L.”, revelou a carência de trabalhos que abordem a atividade antioxidante da siriguela, assim como a falta de estudos que tenham o objetivo de traçar o perfil dos compostos bioativos presentes e quantificar a atividade antioxidante dessa planta, principalmente de seu caule e folhas. Dentre os artigos encontrados, a maioria foi publicado nas áreas agrícola, ciências biológicas e saúde.

Quanto as principais metodologias empregadas na avaliação da ação antioxidante da siriguela, destacou-se a DPPH, seguido dos métodos Folin-Ciocalteu aplicado para determinar os compostos fenólicos presentes na amostra, e o método ABTS. Essas metodologias, segundo a literatura, são as mais usadas nos estudos voltados às propriedades bioativas de frutas e vegetais, pois apresentam diversas vantagens, desde a realização ao custo.

O fruto da siriguela é o mais explorado nas pesquisas relacionadas ao tema investigado, as análises são feitas com o fruto inteiro, ou separadamente, polpa, casca e semente. Assim, foi possível constatar que a casca e semente são as partes do fruto que apresentam as maiores atividades antioxidantes, isso por obterem valores de compostos fenólicos e carotenoides maiores do que aqueles observados na polpa.

Foi visto que, o estágio de maturação do fruto também interfere nos teores de compostos fenólicos, flavonoides e carotenoides, o estágio maduro expressou os maiores valores dessas substâncias, tendo assim a maior capacidade redutora de radicais livres. Outro ponto observado pelos autores foi a sazonalidade, a estação do ano influencia no processo de produção dos frutos, bem como nas substâncias encontradas na sua composição, sendo que as siriguelas do clima úmido e dois genótipos (Jacote e Chapilla) do clima seco apresentaram melhores condições de consumo *in natura*.

A casca do caule da siriguela contém propriedades ativas que, favorece a funcionalidade dos biofilmes ativos. Esses revestimentos são utilizados para melhorar o armazenamento de frutas, pois atuam reduzindo o processo oxidativo e aumentam o tempo de vida útil desses alimentos. No que se refere às folhas da siriguela, apenas um artigo foi encontrado no levantamento feito na plataforma *Scopus*. Em relação as demais partes dessa planta, o seu conteúdo fenólico foi maior que os

relatados para a casca do caule e polpa e menores que aqueles expressos para a casca e semente do fruto.

A determinação das substâncias com propriedades bioativas só foi explorada em dois artigos. Os valores são bastante destacados, mas tornando-se necessário estudos que abordem o perfil dessas substâncias, para melhor entendimento das suas aplicabilidades e funções. Dessa forma, a sirigueleira ganhará uma ampla relevância na área das pesquisas, voltadas tanto para a farmacologia quanto para alimentícia.

REFERÊNCIAS

- ALIA, T.I. et al. Factores fisiológicos, bioquímicos y de calidad en frutos de zapote mamey (*Pouteria sapota* Jacq. H. E: Moore & Stearn) durante poscosecha. **Rev. Chapingo S. Hort.** v. 8, p. 263–281, 2002.
- ALMEIDA, C. L. F. de. et al. ***Spondias purpurea* L(Anacardiaceae):** Antioxidant and antiulcer activities of the leaf hexane extract. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity.** Oxidative Medicine and Cellular Longevity, v. 2017, p. 1–14, 2017.
- ALMEIDA, M. M. B. et al. Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh exotic fruits from northeastern Brazil. **Food Research International**, v. 44, p. 2155–2159, 2011.
- ÁLVAREZ-VARGAS, J. E. et al. Ciruelas mexicanas (*Spondias purpurea* L.) de clima húmedo y seco: calidad, metabolitos funcionales y actividad antioxidante. **Interciencia**, v. 42, n. 10, p. 653-660, 2017.
- ALVES, C. Q. et al. Métodos para determinação de atividade antioxidante in vitro em substratos orgânicos. **Química nova**. v. 33, n. 10, p. 2202-2210, 2010.
- AMBROSIO, C. L. B.; CAMPOS, F. A. C. S.; FARO, Z. P. Carotenóides como alternativa contra a hipovitaminose A. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 19, n. 2, 2006.
- ANDRADE, R.S.G et al. Determinação e distribuição de ácido ascórbico em três frutos tropicais. **Eclética Química**, v.27, p. 393-401, 2002.
- ANGELO, P. M.; JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos – Uma breve revisão. **Rev. Inst. Adolfo Lutz**. v. 66, n. 1, p. 1-9, 2007.
- APAK, R. et al. Novel Total Antioxidant Capacity Index for Dietary Polyphenols and Vitamins C and E, Using Their Cupric Ion Reducing Capability in the Presence of Neocuproine: CUPRAC Method. **Jounal of agricuktural and food chemistry**, v. 52, n. 26, 2004.
- ARVOUET-GRAND, A. et al. Standardisation dun extrait de propolis et identification des principaux constituants. **Journal of Pharmacie Belgique**, v. 49, n.6, p. 462-468, 1994.
- ASTUDILLO, Y. I. M. et al. Diversidade química e fenotípica de ameixas mexicanas (*Spondias purpurea* L.) dos estados de Guerrero e Morelos, México. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v. 39, n. 2, 2017.
- ASTUDILLO, Y. I. M. et al. Postharvest physiology and technology of *Spondias purpurea* L. and *S. mombin* L. **Scientia Horticulturae**. v.174, p.193–206, 2014.
- BARBOSA, L. F.; SOUZA, R. F. V de. Uma revisão bibliográfica da atividade antioxidante de extratos de plantas medicinais brasileiras. In: CONGRESSO DE INOVAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO IFSP, 11., 2020, São Paulo. Anais... São

Paulo: **CONICT**, v. 11, 2020.

BATTESTIN, V.; MATSUDA, L. K.; MACEDO, G. A. Fontes e aplicações de taninos e tanases em alimentos. **Alimento e Nutrição**. Araraquara, v.15, n.1, p.63-72, 2004.

BAUTISTA-BANÕS, S. et al. 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, p.99–106, 2000.

BESSA, N.G.F.; BORGES, J.C.M.; BESERRA, F.P.; CARVALHO, R.H.A.; PEREIRA, M.A.B.; FAGUNDES, R.; CAMPOS, S.L.; RIBEIRO, L.U.; QUIRINO, M.S.; CHAGAS JUNIOR, A. F.; ALVES, A. Prospecção fitoquímica preliminar de plantas nativas do cerrado de uso popular medicinal pela comunidade rural do assentamento vale verde – Tocantins. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**. Campinas, v.15, n.4, p.692-707, 2013.

BRITO, M. de M. Prospecção científica e tecnológica do gênero *hibiscus* (Malvaceae). 2017. 66 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação Licenciatura em Química) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Parnaíba, 2017.

BOLZAN, R. C. **Bromatologia**. Frederico Westphalen: Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Agrícola de Frederico Westphalen, 2013.

BORGES, L. L. et al. Uma abordagem sobre métodos analíticos para determinação da atividade antioxidante em produtos naturais. **Enciclopédia biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.7, n.12, p. 1-20, 2011.

CARDOSO, J. A. da C. C. et al. Teor e estabilidade de vitamina C em sucos in natura e industrializados. **O Mundo da Saúde**, v. 39, n.4, p. 460-469, 2015.

CARVALHO, M. R.; CUNHA, M. H. F. Competitividade da fruticultura brasileira no mercado internacional. **Revista de economia e agronegócio**. v.5, n.4, 2007.

CERQUEIRA, F. M.; MEDEIROS, M. H. G.; AUGUSTO, O. Antioxidantes dietéticos: controvérsias e perspectivas. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 2, p. 441-449, 2007.

CAO, G.H. et al. Oxygen-radical absorbency capacity assay for antioxidants. **Free Radical Biol. Med.** V.14, p.303- 311, 1993.

CHAVES NETO, J. R.; SILVA, S. de M.; DANTAS. R. L. Atributos de qualidade, compostos bioativos e atividade antioxidante de frutos de uvaieira durante a maturação. **Agrarian**, v. 13, n. 49, p. 296-308, 2020.

COSTA, G. A. da. **Carotenoides e compostos fenólicos de spondias do nordeste brasileiro**: composição e bioacessibilidade. 2018. 155 f. Tese (Doutorado em Engenharia de alimentos) – Universidade Estadual de Campinas. São Paulo, 2018.

COSTA, W. B. Estabilidade oxidativa de hambúrguer bovino empregando compostos

bioativos do resíduo agroindustrial de seriguela (*Spondias purpurea* L.). 2015. 95 f. Dissertação (Mestrado em Ciências e tecnologia de alimentos) – Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, 2015.

DAIUTO, E. R. et al. Composição química e atividade antioxidante da polpa e resíduos de abacate 'Hass'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 2, 2014.

DINIZ, M. S. Crescimento vegetativo da bananeira nanica em dois ciclos sucessivos em função da aplicação de biofertilizantes líquidos. 2012, 46 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Agrárias) – Universidade Estadual da Paraíba, Paraíba, 2012.

DUBICK, M. A.; OMAE, S. T. Modification of atherogenesis and heart disease by grape wine and tea polyphenols. In: Wildman, R. E.C. (org). **Handbook of Nutraceutical and Functional Food**. Boca Raton: CRC Press, v. 14, p. 143-153, 2001.

DUZZIONI, A. G. Avaliação da atividade antioxidante e quantificação dos principais constituintes bioativos de algumas variedades de frutas cítricas. 2009. 115. Tese (Pós Graduação em Alimentos e Nutrição) – Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2009.

ELSEVIER. Scopus | Guia de Referência Rápida. 2015. Disponível em: <Scopus_Guia de referência rápida_10.08.2016.pdf (capes.gov.br)>. Acesso em 23 de dezembro de 2021.

ELUFIOYE, T. O.; BERIDA, T. I. GC-MS Analysis and Antioxidant Activity of *Spondias purpurea* L. (Anacardiaceae). **Pharmacognosy Journal**, v. 10, n. 5, p. 941-945, 2018.

EVERTON, G. O. et al. Atividade antioxidante e antimicrobiana das folhas e frutos de *Citrus limon* (L.) Burn (limão siciliano). **Revista cubana de plantas medicinales**, v. 23, n. 4, 2018.

FILGUEIRAS, H. A. C. et al. **Calidad de frutas nativas de latinoamerica para industria: ciruela mexicana (*Spondias purpurea* L.)**. **Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture**. Miami, v. 43, p.68-71, 2001.

FREIRE, E. C. B. da S. et al. Avaliação da qualidade de ciriguela (*Spondias purpurea* L.) em diferentes estágios de maturação. **Revista Verde**, v.6, n.2, p. 27-40, 2011.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GRANGEIRO JÚNIOR, E. A. Comparação de diferentes técnicas de microencapsulação contendo betalaínas e avaliação da atividade antioxidante pelo método de DPPH. 2016, 70 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Farmácia) - Universidade Federal de Campinha Grande, Cuité, 2016.

GOUVEIA, S. de S.; LIMA, A. A. Relação entre espécies reativas de oxigênio e a promoção carcinogênica. **Brazilian Journal of Surgery and Clinical Research** –

BJSCR, v. 20, n. 3, p.174-179, 2017.

JARZYCKA, A. et al. Assessment of extracts of *Helichrysum arenarium*, *Crataegus monogyna*, *Sambucus nigra* in photoprotective UVA and UVB; photostability in cosmetic emulsions. **J. Photochem. Photobiol**, p. 50–57, 2013.

KÖCHE, J. C. **Fundamentos de metodologia científica: teoria da ciência e iniciação à pesquisa**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2011.

KOHATSU, D. S. et al. **Biofilm application in ciriguela fruits: Conservation and antioxidant potential effect**. **Boletim centro de pesquisa de processamento de alimentos**, v. 34, ed. 2, 2016.

LIMA, A. de. Caracterização química, avaliação da atividade antioxidante *in vitro e in vivo*, e identificação dos compostos fenólicos presentes no pequi (*Caryocar brasiliense*, Camb.). 2008. 182 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo. Departamento de Alimentos e Nutrição – USP, 2008.

LIMA, A. K. C. et al. Propagação de cajarana (*Spondias sp.*) e seriguela (*Spondias purpurea*) por meio de estacas verdes enfolhadas, nas condições climáticas de Mossoró-RN. **Caatinga**, Mossoró-RN, v.15, p.33-38, 2002.

LIMA, I. da C. G. S. e. **Seriguela (*Spondias purpurea* L.): propriedades físico-químicas e desenvolvimento de geléia de doce de corte e aceitabilidade desses produtos**. 2009. 75 f. Dissertação (Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica-RJ, 2009.

LIMA FILHO, J. M. P.; SANTOS, C. A. F. Avaliações fenotípicas e fisiológicas de espécies de *Spondias* tendo como porta enxerto o umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Cam.). **Caatinga**, Mossoró- RN. v.22, n.1, p.59-63, 2009.

LINS, R. T. Determinação de tocoferóis e carotenóides em frutas amazônicas: Implantação de uma metodologia. 2006. 80 f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2006.

LOPES, P. R. C.; OLIVEIRA, I. V. de M.; SARMENTO, D. H. A. Potencial de produção de frutas de clima temperado no Nordeste brasileiro. 2014. Disponível em: < <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/151492/1/PaoloLopes.pdf> > Acesso em: 01 de maio de 2020.

MADEIRA, A. de M. B. M. Extração e quantificação de carotenóides provenientes de diferentes cultivares de *Capsicum Annuum* L. com interesse para a indústria farmacêutica. 2015. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Universidade Fernando Pessoa, Porto, 2015.

MAGALHÃES, L. M. et al. Methodological aspects about in vitro evaluation of antioxidant properties. **Analytica Chimica Acta**, v. 613, n. 1, p. 1-19, 2008.

MALCHER, E. do S. L. T. Influência da sazonalidade sobre a composição química e

atividade antioxidante do açaí (*Euterpe oleracea Mart.*). 2011. 207 f. Tese (Doutorado em Biodiversidade tropical) – Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2011.

MARCUCCI, M. C.; WOISKY, R. G.; SALATINO, A. Uso de cloreto de alumínio na quantificação de flavonóides em amostras de própolis. 1998. Disponível em: <<http://www.apacame.org.br/mensagemdoce/46/artigo.htm>> Acesso em: 10 de agosto de 2021.

MARTINS, S. T.; MELO, B. *Spondias* (Cajá e outras). 2003. Disponível em: <<http://www.fruticultura.iciag.ufu.br/caja.html>> . Acesso em: 20 de abr. de 2020.

MILLER, N.J. et al. A Novel method for measuring antioxidant capacity and its application to monitoring antioxidant status in premature neonates. Clin. Sci. V.84, p.407-412, 1993.

MORAIS, F. L. de. **Carotenóides**: Características Biológicas e Químicas. 2006. 60 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Qualidade em Alimentos) – Universidade de Brasília. Brasília, 2006.

NACHTIGALL, G.R. (2016) Irrigação/fertirrigação em fruticultura de clima temperado no Brasil. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 45, 2016, Florianópolis. Publicações/Anais/Palestras. Jaboticabal: **Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola**. p. 1-8.

NASS, L. L. Recursos genéticos vegetais. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos Vegetais e Biotecnologia, 2007.

NOBRE, T. S. Perfil antioxidante de ácido fenólicos naturais com potencial aplicação em emulsões cosméticas. 2019. 52 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Química industrial) - UFPB/CT, 2019.

NOGUEIRA, F. dos S. Teores de ácido l-ascórbico em frutas e sua estabilidade em sucos. 2011. 68 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de ciências em tecnologia agrária. Campo de Goycazes-RJ, 2011.

NOR, S. M; DING, P. **Trends and advances in edible biopolymer coating for tropical fruit: A review. Food Research International**. v. 134, p. August. 2020. Article 109208.

OLIVEIRA, A. C. et al. Fontes vegetais naturais de antioxidantes. **Química Nova**, v. 32, n. 3, p. 689-702, 2009.

OLIVEIRA, Y. I. S. et al. Avaliação da atividade antioxidante do extrato etanólico de folhas de siriguela (*Spondia purpurea L.*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA, 57., 2017, Gramado. Anais...Gramado: **FAURGS**, v. 57, 2017.

OLIVEIRA, R. G.; GODOY, H. T.; PRADO, M. A. Otimização de metodologia colorimétrica para a determinação de ácido ascórbico em geleias de frutas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 1, p. 244–249, 2010.

OMENA, C. M. B. et al. Antioxidant, anti-acetylcholinesterase and cytotoxic activities of ethanol extracts of peel, pulp and seeds of exotic Brazilian fruits. **Food Research International**, v. 49, p. 334–344, 2012.

OU, B. et al. Development and validation of an improved oxygen radical absorbance capacity assay using fluorescein as the fluorescent probe. *J. Agric. Food Chem.* v.49, p.4619-4626, 2001.

PINHEIRO, M. D.; PORTO, K. R. A.; MENEZES, M. E. S. **A Química dos Alimentos**: carboidratos, lipídeos, proteínas, vitaminas e minerais. Maceió: EDUFAL, 2005.

PIRES, M. D. O poder das vitaminas. 2012. 59 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Universidade Fernando Pessoa. Porto, 2012.

QUINTÃO, T. de S. C. Microencapsulação de compostos bioativos de cascas de siriguela cultivadas no cerrado. 2016. 50 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Farmácia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

QUINTÃO, W. de S. C. Maturação, compostos fenólicos e atividade antioxidante de seriguelas (*Spondias purpurea* L.) Cultivadas no cerrado. 2015. 49 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Farmácia) – Universidade de Brasília. Brasília, 2015.

RE, R. et al. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biol. Med.** v.26, p.1231-1237, 1999.

REIS, L. C. B. et al. 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, 2015.

RODRIGUES, F. A. M. et al. Antioxidant films and coatings based on starch and phenolics from *Spondias purpurea* L. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 182, p. 354 – 365, 2021.

RODRÍGUEZ-AMAYA, D.B.; KIMURA, M. **HarvestPlus Handbook for Carotenoid Analysis**. HarvestPlus Technical Monograph Series 2. Screening Method for Sweetpotato and Cassava. HarvestPlus, p. 35-36, 2004.

RUFINO, M. S. M. Propriedades de frutas tropicais brasileiras não tradicionais. 2008. 237 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia – Área de concentração: Agricultura tropical) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Mossoró-RN, 2008.

RUFINO, M. S. M., et al. Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. **EMBRAPA Com Técn.** v. 127, p. 1-4, 2007.

SACRAMENTO, C. K. do; SOUZA, F. X. de. Cajá. In: Santos-Serejo et al. **Fruticultura tropical**: espécies regionais e exóticas. Brasília: Embrapa Informação

Tecnológica. 2009. p. 84-105.

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

SANTOS, D. da C. et al. Características de frutas do gênero *Spondias*. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DA DIVERSIDADE DO SEMIÁRIDO, 1., 2016, Campina Grande. Anais...Campina Grande: **CONIDIS**, v.1, 2016.

SANTOS, E. de O. C. Enfoques sócio a econômicos da produção, processamento e comercialização do umbu no Semiárido brasileiro. In: LEDERMAN, I.E., SILVA JUNIOR, J.F. (Org.). *Spondias* no Brasil: umbu, cajá e espécies afins. Universidade Federal de Pernambuco. Recife-PE. 2008 p. 174 a 180.

SANTOS, R. S; SANTOS, R. X.; MARISCO, G. Avaliação da atividade genotóxica, citotóxica e antimicrobiana da infusão das folhas de *Spondias purpurea* L. **Scientia Plena**. v. 13, n. 3, 2017. Disponível em: <<https://www.scientiaplena.org.br/sp>> Acesso em: 17 de maio de 2021.

SHAH, P.; MODI, H. A. Comparative study of DPPH, ABTS and FRAP assays for determination of antioxidant activity. **International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology**, v. 3, ed 6, 2015.

SILVA, A. A. de; GONÇALVES, R. C. Espécies reativas do oxigênio e as doenças respiratórias em grandes animais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.4, p.994-1002, 2010.

SILVA, A. S. S. et al. Composição de carotenóides dos frutos in natura e polpa comercial congelada de seriguela (*Spondias purpurea* L.). In: Congresso Latino Americano de Analistas de Alimentos, 2007, Fortaleza-CE. Anais do Encontro Nacional de Analistas de Alimentos, 2007.

SILVA, G. A. et al. **Gênero *Spondias***: Aspectos botânicos, composição química e potencial farmacológico. **BioFarm**, Campina Grande-PB, v. 10, n. 01, p. 27-41, 2014.

SILVA, I. S. S. Elaboração, caracterização física, físico-química e avaliação da estabilidade lipídica de almôndega adicionada de extrato de seriguela (*Spondias purpurea* L.). 2018. 41 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Nutrição) - Universidade Federal de Campina Grande, Cuité, 2018.

SILVA, M. A. M. M. Contributo para a determinação simultânea, por cromatografia líquida de alta resolução, de carotenoides, vitamina A e vitamina E em amostras compostas por diferentes matrizes alimentares. 2014. 169 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia química e biológica) - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, 2014.

SILVA, M. C. C. Caracterização in vitro do potencial antioxidante de extrato obtido a partir da seriguela. 2018. 37 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Nutrição) - Universidade Federal de Campina Grande, Cuité, 2018.

SILVA, M. L. C et al. Compostos fenólicos, carotenóides e atividade antioxidante em produtos vegetais. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 3, p. 669-682, 2010.

SILVA, R.V. et al. 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.

SILVA, T. M. da; MELO, E. de A. Resíduo de ciriguela (*Spondias purpurea* L.): teor de fitoquímicos e potencial antioxidante. IN: Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão, 13., 2013. Anais... Recife: **UFRPE**. 693-1 (Poster).

SINGLETON, V. L. et al. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. **Methods Enzymol**, v. 299, p.152-178, 1999.

SOARES, A. A. J. Avaliação Físico-Química e Bromatológica da Polpa de *Spondias purpurea* L. (ciriguela) na Região do Semiárido Central Paraibano. 2011. 64 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) Centro de Saúde e Tecnologia Rural – UFCG, Paraíba, 2011.

SOARES, C. de A. Validação do método fast blue bb para quantificação de compostos fenólicos totais em alimentos. 2015. 43 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Industrial) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

SOARES, S. E. Ácidos fenólicos como antioxidantes. **Revista de Nutrição**. Campinas, v.15 (1), p. 71-81, jan./abr., 2002.

SOLORZANO-MORÁN, S. et al. Quality attributes and functional compounds of Mexican plum (*Spondias purpurea* L.) fruit ecotypes. **Fruits**, v. 70, n. 5, p. 261-270, 2015.

SOUSA, C. M. de M. et al. Fenóis totais e atividade antioxidante de cinco plantas medicinais. **Quim. Nova**, v. 30, n. 2, p. 351-355, 2007.

SOUSA, S. H. B. de. Estudo da estabilidade da polpa do fruto jacaíacá (*Poupartia amazonica* (ducke) b. L. Burt & a. W. Hill). 2014. 67 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia de Alimentos) - Universidade do Estado do Pará, Belém, 2014.

SUCUPIRA, N. R. et al. Métodos para determinação da atividade antioxidante de frutos. **Revista científica em ciências e saúde**, v. 14, n. 4, p. 663-269, 2012.

TACO (Tabela Brasileira de Composição de Alimentos) / NEPA-UNICAMP. 4. ed. rev. e ampl. Campinas, SP: NEPA-UNICAMP, 2011. p.38-39. Disponível em: <https://www.cfn.org.br/wp-content/uploads/2017/03/taco_4_edicao_ampliada_e_revisada.pdf> Acesso em 02 de maio de 2020.

TEIXEIRA, J. B.; RODRIGUES, M. R. de S.; SANTOS, R. P. Avaliação fitoquímica qualitativa de extratos da folha e caule da *Spondias purpurea* L. (seriguela) – um estudo preliminar. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DA DIVERSIDADE DO SEMIÁRIDO, 1., 2016, Campina Grande. Anais...Campina Grande: **CONIDIS**, v.1, 2016.

TODISCO, K. M; COSTA, D. M. C. da; CLEMENTE, E. Alterations in carotenoids, phenolic compounds, flavonoids and ascorbic acid contents in red mombin (*Spondias purpurea* L.) microencapsulated pulp. **Journal os food, agriculture and environment**, v. 13, ed. 1, p. 24-28, 2015.

TOMEI, R. R.; SALVADOR, M. J. Metodologias analíticas atuais para avaliação da atividade antioxidante de produtos naturais. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 11. E ENCONTRO LATINO AMERICANO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 7., 2007, Campinas. Anais...Campinas: **UNIVAP**, v. 1, p. 1963-1967, 2007.

Urrea-Victoria, V. et al. Ensaio antioxidante em microplaca do poder de redução do ferro (FRAP) para extratos de algas. Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo. 2016. ISBN 978-85-85658-62-5.

VARGAS, A. S. et al. Botany and phisiology antioxidante activity and physicochemical parameters in ‘cuernavaqueña’ Mexican Plum (*Spondias purpurea* L.) AT different ripening stages. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal-Sp, v. 39, n.4, 2017.

VARGAS-SIMÓN, G. Ciruela/Mexican Plum – *Spondias purpurea* L. In: Rodrigues, S.; Silva, E.; Brito, E. de. Exotic Fruit Reference Guide. Cambridge: **Academic Press**. p. 141-152, 2018.

VASCONCELOS, L. A. Et al. Characterization of a flavonol-rich antioxidant fraction from *Spondias purpurea* L. pulp and the effect of its incorporation on cellulose acetate-based film. **Jornal oh the science of foof and agriculture**, v. 101, n. 8, 2021.

VEBER, J. et al. Determinação dos compostos fenólicos e da capacidade antioxidante de extratos aquosos e etanólicos de Jambolão (*Syzygium cumini* L.). **Rev. Bras. Pl. Med.**, Campinas, v.17, n.2, p.267-273, 2015.

VIDAL, M. de F. Fruticultura na área de atuação do BNB: Produção e Mercado. Caderno Setorial ETENE, ano 3, n.35, jul. 2018. Disponível em < https://www.bnb.gov.br/documents/80223/3686680/35_Fruticultura_2018.1.pdf/b5660ef3-4ea7-7f44-090f-09b5a3c49097>. Acesso em: 29 de abr. de 2020

_____. Fruticultura na área de atuação do BNB: Produção e Mercado. Caderno Setorial ETENE, ano 4, n. 84, jun. 2019. Disponível em: < https://www.bnb.gov.br/documents/80223/5467761/84_frutas.pdf/308b8048-7e92-d2e2-ade4-44b8e44a4065>. Acesso em: 29 de abr. de 2020.

VIEIRA, M. M. da S. Desenvolvimento de bebidas mistas de frutos do gênero spondias a base de água de coco. 2012. 55 f. Trabalho de Conclusão de Curso

(Bacharelado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, 2012.

VILLA-HERNANDEZ, J. M. et al. Antioxidant capacity in vitro and In vivo of various ecotypes of mexican plum (*Spondias purpurea* L.). **Journal of Food Science**, v. 00, n. 00, 2017.