



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE CEILÂNDIA

WANESSA DE SOUZA CARDOSO QUINTÃO

**MATURAÇÃO, COMPOSTOS FENÓLICOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE
SERIGUELAS (*SPONDIAS PURPUREA* L.) CULTIVADAS NO CERRADO**

BRASÍLIA
2015

WANEISSA DE SOUZA CARDOSO QUINTÃO

**MATURAÇÃO, COMPOSTOS FENÓLICOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE
SERIGUELAS (*SPONDIAS PURPUREA* L.) CULTIVADAS NO CERRADO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade de Brasília,
Faculdade de Ceilândia como requisito
parcial para obtenção do título de Bacharel
em Farmácia.

Orientadora: Prof(a). Dra Eliana Fortes Gris

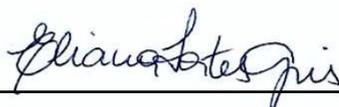
BRASÍLIA

2015

WANESSA DE SOUZA CARDOSO QUINTÃO

**MATURAÇÃO, COMPOSTOS FENÓLICOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE
SERIGUELAS (*SPONDIAS PURPUREA* L.) CULTIVADAS NO CERRADO**

BANCA EXAMINADORA



ORIENTADORA: Dra. ELIANA FORTES GRIS
(Faculdade de Ceilândia – Universidade de Brasília)



Convidada: Dra. DANIELA CASTILHO ORSI
(Faculdade de Ceilândia – Universidade de Brasília)



Convidado: Dr. EDUARDO ANTONIO FERREIRA
(Faculdade de Ceilândia – Universidade de Brasília)

BRASÍLIA

2015

*"Que seu alimento seja seu remédio e que
seu remédio seja seu alimento."*

(Hipócrates)

AGRADECIMENTOS

A Deus por todas as oportunidades, por estar sempre comigo, pela saúde, pelo suporte e por me permitir chegar até aqui.

Agradeço aos meus pais, Fernando José e Kelly, por todo o incentivo, suporte, compreensão e por me fornecerem tudo o que eu mais preciso, o amor de vocês. À minha super irmã Tatyane, minha melhor amiga, melhor companheira, que sempre me ajudou, esteve comigo e me apoiou incondicionalmente. Agradeço a minha avó, tios, tias, amigos e familiares, pelos ensinamentos e pela presença em minha vida. E ao meu amigo, cúmplice, meu amor Diego Nakashoji, pelo imensurável apoio, pela compreensão, por estar ao meu lado.

Às amigas Anna Paula e Natália, por me permitirem compartilhar um pouco da vida de vocês, pela amizade sincera, pela presença e por todo o carinho. E também às minhas amigas Regina e Priscila, por serem meus exemplos de determinação, por todas as conversas, risadas e apoio nos momentos de desabafos.

Agradeço à minha orientadora, pela disponibilidade, por ter me oferecido a oportunidade de desenvolver um projeto de iniciação científica e por ter me orientado neste trabalho.

Aos membros da banca, Profa. Dra. Daniela Orsi e Prof. Dr. Eduardo Ferreira, pela disponibilidade.

Aos técnicos do laboratório, meus agradecimentos por todo o auxílio, em especial à Angeislenie e ao Antônio Leonardo.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Princípio do ensaio da redução do radical DPPH pela adição de um antioxidante.....	20
Figura 2 - Reação química do radical ABTS.....	21
Figura 3 - Concentração de polifenóis totais (mg EAG/100 g), polifenóis polimerizados (mg catequina/100 g) e polifenóis não-polimerizados (mg catequina/100 g), para os extratos metanol e etanol.....	30
Figura 4 - Concentração de ésteres tartáricos (mg ácido cafeico/100 g extrato) e de flavonóis (mg quercetina/100 g extrato) em extratos de <i>Spondias purpurea</i> L. com etanol e metanol.....	33
Figura 5 - Comparativo entre a atividade antioxidante por DPPH e ABTS ($\mu\text{M TEAC}$) a partir dos extratos de seriguelas em etanol e metanol	35

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ATT - Acidez total titulável

ABTS - 2,2'-azinobis 3-etilbenzotiazolína-6-ácido sulfônico

°Brix - grau Brix

DPPH - 2,2-difenil-1-picrilhidrazil

EAG - Equivalente em ácido gálico

ET - Ésteres tartáricos

FLAV - Flavonóis

g - Grama

CLAE - Cromatografia Líquida de Alta Eficiência

L - Litro

µg - Micrograma

µM - Micromolar

mg - Miligrama

mL - Mililitro

N - Normal

nm - Nanômetro

PNP - Polifenóis não-polimerizados

PP - Polifenóis polimerizados

PT - Polifenóis totais

SST - Sólidos solúveis totais

TEAC - Capacidade Antioxidante equivalente em TROLOX

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1 Cerrado	12
1.2 <i>Spondias purpurea</i> L. - Seriguela	12
1.3 Maturação	13
1.3.1 Sólidos solúveis totais	14
1.3.2 Acidez total titulável e pH	14
1.4 Composição química/nutricional	15
1.5 Compostos fenólicos	17
1.6 Propriedades antioxidantes	18
1.7 Avaliação da capacidade antioxidante utilizando os radicais DPPH e ABTS	19
1.7.1 DPPH	19
1.7.2 ABTS	20
2. JUSTIFICATIVA	22
3. OBJETIVOS	23
3.1 Geral	23
3.2 Específicos	23
4. MATERIAL E MÉTODOS	24
4.1 Material	24
4.1.1 Coleta das amostras	24
4.1.2 Reagentes	24
4.2 Métodos	24
4.3 Avaliação da maturação	24
4.3.1 Sólidos solúveis totais (SST)	25
4.3.2 Acidez total titulável (ATT)	25
4.3.3 pH	25

4.4	Análise de compostos fenólicos	25
4.4.1	Preparação dos extratos	25
4.4.2	Polifenóis totais	26
4.4.3	Determinação dos polifenóis polimerizados e não-polimerizados (índice de vanilina)	26
4.4.4	Ésteres tartáricos e flavonóis	26
4.4.5	Determinação dos orto-difenóis (reação de Arnow)	26
4.5	Avaliação da atividade antioxidante in vitro	27
4.6	Análises estatísticas	27
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
5.1	Maturação	27
5.1.1	Sólidos solúveis totais	27
5.1.2	Acidez total titulável e pH	28
5.2	Compostos fenólicos	29
5.2.1	Polifenóis totais	29
5.2.2	Ésteres tartáricos e flavonóis	32
5.3	Orto-difenóis	34
5.4	Atividade antioxidante	35
5.5	Correlação	36
6.	CONCLUSÃO	38
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39

RESUMO

O Cerrado brasileiro, um dos biomas da região Centro-Oeste, é conhecido pela riqueza de sua fauna e flora, e o interesse pelas propriedades de seus frutos vêm aumentando, dada a diversidade de espécies. A seriguela - *Spondias purpurea* L. - é uma fruta cultivada no Cerrado que possui importantes propriedades nutricionais e constitui fonte de compostos bioativos, que trazem diversos benefícios à saúde. Contudo, poucos estudos descrevem o perfil desses compostos da espécie, principalmente das cultivadas no Cerrado. Diante disso, este trabalho teve como proposta analisar a maturação comercial, composição fenólica e a capacidade antioxidante de seriguelas do Cerrado. A partir dos frutos de *Spondias purpurea* L., realizou-se as análises de maturação, pela determinação da acidez total titulável, pH e conteúdo de sólidos solúveis totais. Para a preparação dos extratos a partir das cascas das seriguelas, foram utilizados os solventes etanol e metanol. Com os extratos das cascas, analisou-se a composição fenólica, identificando polifenóis totais, polifenóis polimerizados, polifenóis não-polimerizados, ésteres tartáricos, flavonóis e orto-difenóis; e a capacidade antioxidante pelos métodos ABTS e DPPH. Verificou-se que a fruta demonstrou resultados adequados de maturação, como também apresentou resultados significativos de compostos fenólicos e atividade antioxidante. Conforme a análise de correlação, o conteúdo de polifenóis totais, polifenóis não-polimerizados e polifenóis polimerizados apresentou correlação positiva com DPPH e ABTS. Os métodos ABTS e DPPH demonstraram alta correlação positiva entre si.

Palavras-chave: Seriguela, maturação, compostos fenólicos, atividade antioxidante.

ABSTRACT

The Brazilian Cerrado, one of the Midwest biomes, is known by the fauna and flora richness and the interest in their fruits' properties has been increased, due to diversity of species. The ciriguela - *Spondias purpurea* L. - is a fruit cultivated in Cerrado that has important nutritional properties and it is a source of bioactive compounds, which bring several health benefits. However, studies which describe the profile of these compounds are scarce. Therefore, this work aims to analyze maturation, phenolic composition and antioxidant capacity of Cerrado's red mombin fruits. From a sample of *Spondias purpurea* L. fruits, the maturation analysis was performed by titratable total acidity, pH and total soluble solids content. The solvents ethanol and methanol were used for ciriguela peels extracts preparation. The peel extracts were used for determination of phenolic composition, identifying total polyphenols, polymerized polyphenols, non-polymerized polyphenols, tartaric esters, flavonols and ortho-difenols; and the antioxidant capacity by ABTS and DPPH methods. It was found that red mombin fruits presented appropriate ripening results, but also presented significant values of phenolic compounds and antioxidant activity. According to the correlation analysis, total polyphenols, non-polymerized polyphenols and polymerized polyphenols content presented positive correlation with DPPH and ABTS. A high positive correlation was obtained between ABTS and DPPH assays

Keywords: Red mombin, ripening, antioxidant activity, phenolic compounds.

1. INTRODUÇÃO

1.1 Cerrado

No Brasil, a região Centro-Oeste abrange três biomas: o Cerrado, o Pantanal e parte de Floresta Amazônica. Esses biomas apresentam uma ampla riqueza de espécies de plantas nativas, com a grande maioria ainda pouco explorada. Isso pode ser atribuído à falta de conhecimento do seu potencial de aproveitamento, ou à falta de investimento em tecnologias para a produção (VIEIRA et al., 2006).

O Cerrado possui uma flora considerada riquíssima, e apresenta diversas espécies de frutas pouco conhecidas e estudadas. Muitas dessas espécies apresentam características sensoriais únicas, alta concentração de nutrientes e compostos capazes de retardar processos oxidativos, prevenindo o envelhecimento. Entre as frutas do Cerrado encontram-se a jacobinca, o buriti, a cagaita, a seriguela, que dentre outras, são utilizadas na fabricação de geleias, doces, sucos e outros produtos, de forma artesanal e pouco explorada (SOUZA et al., 2012; GONÇALVES, 2008). Dentre essas frutas destaca-se a seriguela, uma fruta pouco comercial, mas bastante apreciada pelas comunidades locais e com potencial para exploração e comercialização (ENGELS et al., 2012).

1.2 *Spondias purpurea* L. - Seriguela

A família *Anacardiaceae* é constituída por 70 gêneros e 600 espécies, e subdivide-se basicamente em 5 tribos: *Anacardieae*, *Spondiadeae*, *Rhoeae*, *Semecarpeae*, e *Dobineae* (WANNAN, 2006). A tribo *Spondiadeae* possui cerca de 14 espécies (DUVALL, 2006), entre elas, a *Spondias purpurea* L.

Nativa da América Central, a serigueleira é cultivada em locais de clima tropical e subtropical, como México, Guatemala, Caribe, e em alguns países da América do Sul, entre eles o Brasil. A serigueleira pertence ao gênero *Spondias*, e seu fruto, a seriguela - *Spondias purpurea* L. -, também chamada ceriguela, red mombin, ameixa-da-espanha, jocote, ciruela mexicana, ciriguela e cajá vermelho, é

uma das espécies mais cultivadas do gênero (SAMPAIO, BORA e HOLSCUH, 2008; MARTINS e MELO, 2003).

Os frutos de seriguela são drupas oblongas, redondos ou ovoides. Possuem tamanhos que variam entre 2 e 5 cm e massas entre 4 e 33 g. A coloração varia, podendo ser amarelos, avermelhados, alaranjados ou roxos quando maduros. Os frutos possuem aroma e sabor agradáveis e podem ser consumidos verdes-maduros ou maduros (VARGAS-SIMÓN, HERNÁNDEZ-CUPIL e MOGUEL-ORDOÑEZ, 2011; ALIA-TEJACAL et al., 2012).

Quando colhidas ainda verdes, geralmente os frutos da *Spondias purpurea* não desenvolvem as características ideais para comercialização (cor, sabor, entre outros). Contudo, quando colhidos no início da maturação, podem ser estocados por um período considerável e apresentam qualidade aceitável para o consumidor (MALDONADO-ASTUDILLO et al., 2014; EMBRAPA AGROINDUSTRIA TROPICAL, 2001).

Grande parte do cultivo de seriguelas é baseada em práticas agrícolas informais, como em fazendas e jardins de quintal (MALDONADO-ASTUDILLO et al., 2014). Os frutos são perecíveis, necessitam de temperatura de refrigeração específica para prolongar o tempo de vida útil e assim evitar danos causados pelo frio (MARTINS et al., 2003). A influência das condições de transporte e armazenamento é uma das dificuldades para comercialização desses frutos. Por isso, a atividade de plantio geralmente é destinada ao consumo local.

1.3 Maturação

A maturação corresponde ao estágio do desenvolvimento que leva a fruta à maturidade fisiológica ou horticultural, sendo o último também chamado estágio comercial. No estágio de maturação comercial, os frutos encontram-se prontos para consumo e produção de derivados alimentícios. Durante o processo de amadurecimento, ocorrem mudanças na composição, textura, coloração, aroma e sabor dos frutos. As alterações, bem como o período de duração da maturação variam de acordo com a espécie (KATZ et al., 2004). Frutos climatéricos, como os da espécie *Spondias purpurea* L., quando colhidos no período de maturação fisiológica, continuam o amadurecimento após a colheita (AZZOLINI, 2002).

Estudos que analisaram alterações na composição química em frutos pós-colheita das espécies *Spondias purpurea* L. e *Spondias mombin*, detectaram mudanças de coloração (SAMPAIO et al., 2007; SAMPAIO, BORA e HOLSCUH, 2008). Foi observado que durante a maturação dos frutos, ocorre uma variação significativa na quantidade de pigmentos clorofila e carotenoides, que pode ser observada com a mudança de coloração. Nesse sentido, verificou-se que o teor de clorofila tende a diminuir durante a maturação, enquanto o conteúdo de carotenoides aumenta. A coloração é observada na casca do fruto, e na espécie *Spondias purpurea* L. pode variar de verde escuro a verde claro, passando para amarelo-laranja e vermelho púrpura, no pico do estágio climatérico, dependendo da cultivar.

1.3.1 Sólidos solúveis totais

Os sólidos solúveis totais (SST) são componentes presentes nos alimentos. Em sucos de frutas, os principais componentes dos SST são os açúcares. Por isso, a determinação do conteúdo de SST pode ser de grande utilidade para estimar a quantidade de açúcar dos frutos, o que indica o grau de maturidade (MENDES-FILHO, CARVALHO e SOUZA, 2014).

Nas frutas, os SST exercem importante papel para a qualidade, devido à influência nas propriedades químicas, biológicas e termofísicas. O teor é determinado em °Brix e essa análise possui importante aplicação na indústria, considerando a relação entre esses compostos e a adição de ingredientes. Um conteúdo maior de SST exige uma menor quantidade de açúcar a ser adicionada ao produto, o que aumenta a qualidade e reduz o custo de produção (SILVA et al., 2003).

1.3.2 Acidez total titulável e pH

Para avaliação da acidez em frutas, geralmente são utilizados dois parâmetros: acidez total titulável (ATT) e o pH. A ATT consiste na quantidade de íons hidrogênio que podem ser liberados do ácido por estarem fracamente ligados. Já a análise de pH, refere-se à avaliação da atividade dos íons hidrogênio livres (ETIENNE et al., 2013).

A acidez de frutas exerce importante influência na percepção de doçura, e por isso, é importante para análise da qualidade de frutas (BUGAUD et al., 2011; ESTI et al., 2002). O efeito de ácidos orgânicos no sabor resulta principalmente da acidez tecidual, que se traduz na percepção de doçura (NAWIRSKA-OLSZANSKA, 2014).

A medida do pH é importante para avaliar a deterioração do alimento devido ao crescimento de microrganismos, e a atividade enzimática. Também é importante para avaliar o estágio de maturação de frutas e a retenção de sabor e odor de produtos (CECCHI, 2003).

Durante o processo de maturação, ocorre uma perda gradativa da acidez, paralela a um aumento significativo do pH dos frutos (FILGUEIRAS et al., 2001). Essa relação permite analisar além do grau de maturação, a qualidade dos frutos após a colheita para fins comerciais ou para consumo.

1.4 Composição química/nutricional

O conhecimento da composição química e nutricional dos alimentos é de grande relevância para a adequação da ingestão de nutrientes às necessidades diárias (NEPA, 2011). Segundo revisão de literatura realizada por Duyin e Pivonka (2000), consumir frutas e verduras regularmente, em quantidades adequadas, contribui para o fornecimento de componentes benéficos à saúde, que desempenham papel importante na prevenção e controle de doenças.

Koziol e Macía (1998) descreveram a composição química e a análise nutricional de *Spondias purpurea* L. cultivadas no Equador. A polpa é a parte comestível, com ou sem a casca. Os frutos são constituídos de frutose, glicose e sacarose, que juntos, representam aproximadamente 65% dos sólidos totais presentes no fruto, medidos em °Brix.

Em um subprojeto realizado pela Embrapa Agroindústria Tropical (2001), no intuito de gerar técnicas de conservação pós-colheita dos frutos cajá e seriguela do estado do Ceará, as polpas dos frutos foram analisadas. As seriguelas foram analisadas e os frutos, caracterizados conforme o estágio de maturação, em verde, amarelo e vermelho. Durante a maturação, as seriguelas apresentaram uma redução significativa de amido, variando de 9,13 a 1,01% nos frutos do estágio verde ao vermelho, respectivamente. Segundo o subprojeto, no estágio vermelho, o fruto

atinge a máxima qualidade comestível, que pode ser identificada, entre outros fatores, por baixos níveis de amido.

Cada 100g de seriguelas apresenta, em média, a seguinte composição nutricional (NEPA, 2011): 76 kcal, proteínas (1,4 g), lipídios (0,4 g), carboidratos (18,9 g), fibra alimentar (3,9 g), cálcio (27 mg), magnésio (18 mg), manganês (0,06 mg), fósforo (48 mg), ferro (0,4 mg), sódio (2 mg), potássio (248 mg), cobre (0,12 mg), zinco (0,5 mg), tiamina (0,14 mg), e vitamina C (27,0 mg). A fruta é rica em vitamina C e fonte de fibras, possui potencial calórico moderado e baixo conteúdo de proteínas, considerando a ingestão diária recomendada desses nutrientes (ANVISA, 2005).

Segundo Hernández e colaboradores (2008), as variedades cultivadas de *Spondias purpurea* L. apresentaram valores mais altos de proteínas (1,18 g/100 g) que as variedades silvestres (0,14 g/100 g) presentes no México. As variedades cultivadas apresentaram resultados próximos ao determinado pela NEPA (2011).

Filgueiras e colaboradores (2001) quantificaram o teor de ácido ascórbico em frutos da espécie *Spondias purpurea* L. Esses pesquisadores obtiveram resultados que variaram de 46,06 mg/100 g nos frutos verdes a 34,01 mg/100 g nos frutos maduros. A diferença entre as análises nos estádios de maturação não foi considerada significativa do ponto de vista estatístico. Em estudo realizado por Bueno e colaboradores (2002), foi quantificado o teor de ácido ascórbico em polpas comerciais de seriguelas. O valor médio obtido no estudo foi de 11,7g/100 g de polpa, menor quando comparado aos resultados de Filgueiras e colaboradores (2001).

Quanto à composição fitoquímica, Omena e colaboradores (2012) detectaram diferentes compostos fitoquímicos em seriguelas, entre eles flavonoides, catequinas, cumarinas, triterpenoides, esteroides, saponinas, entre outros. No estudo, foram analisadas as cascas e as sementes dos frutos.

Os diversos compostos presentes nos frutos de seriguelas (ENGELS et al., 2012), e as propriedades nutricionais que o consumo diário oferece à saúde fazem desses frutos importantes aliados da dieta. Além desse conteúdo, as seriguelas apresentam compostos bioativos, capazes de auxiliar no equilíbrio de processos oxidativos biológicos. Entre esses compostos, destacam-se os compostos fenólicos.

1.5 Compostos fenólicos

A análise de compostos fenólicos de vegetais, frutas, grãos integrais e outras plantas, têm sido amplamente descrita, uma vez que fazem parte da alimentação humana e desempenham importantes efeitos biológicos, destacando-se a atividade antioxidante (FU et al., 2014; HERVERT-HERNÁNDEZ et al., 2011; RYAN, THONDRE, e HENRY, 2011). Devido às propriedades benéficas que possuem, esses compostos tem sido associados a efeitos protetores em doenças não transmissíveis, como câncer e doenças cardiovasculares (DELPINO-RIUS et al., 2015; FINLEY et al., 2011).

Quimicamente, os compostos fenólicos são definidos como substâncias que possuem anel aromático com um ou mais substituintes hidroxílicos, incluindo seus grupos funcionais. São compostos bioativos e importantes metabólitos secundários de plantas, conhecidos por sua atividade antioxidante (FALLER e FIALHO, 2010; FINCO et al., 2012).

Os compostos fenólicos estão classificados em diversas categorias, como fenóis simples, cumarinas, estilbenos, ácidos fenólicos (derivados do ácido benzoico e cinâmico), flavonóis, fenilpropanóides, taninos, ligninas e lignanas (SHAHIDI e NACZK, 2004; SOUSA et al., 2007).

Esses compostos estão presentes em maior quantidade nas cascas e sementes de certos frutos, e por isso essas partes tem maior potencial em exercer atividade antioxidante em relação à polpa (OMENA et al., 2012). Assim, o perfil dos fitoquímicos antioxidantes é diferenciado nessas partes do vegetal (CAETANO et al., 2009). A quantidade e qualidade desses compostos nos alimentos pode variar de acordo com fatores intrínsecos e extrínsecos, como fatores genéticos, cultivo, composição do solo, condições de crescimento, estágio de maturação, entre outros (FALLER e FIALHO, 2010).

A partir das cascas de seriguelas, um estudo realizado por Engels e colaboradores (2012) permitiu a identificação de 21 compostos por meio da análise do perfil fenólico da espécie. Entre esses compostos, destacam-se os flavonóis, ácidos fenólicos, quercetina, derivados de canferol e derivados de ramnetina.

Em outro estudo, realizado por Rufino e colaboradores (2010), compostos bioativos foram analisados em 18 frutas tropicais brasileiras. Entre elas, foram

identificados os compostos fenólicos presentes em caju, cajá e umbu, frutas que pertencem à mesma família de seriguelas (*Anacardiaceae*). Nessas frutas, foram quantificados flavonoides, antocianinas e polifenóis, entre outros. Das três frutas, apenas no cajá não foi detectada quantidade significativa de antocianinas.

1.6 Propriedades antioxidantes

No intuito de manter o controle da produção e ação de espécies reativas de oxigênio, os organismos vivos são capazes de desempenhar atividade antioxidante, através da produção de substâncias que regeneram ou previnem danos oxidativos. Contudo, quando a produção de substâncias antioxidantes é insuficiente, no organismo se inicia um processo denominado estresse oxidativo, no qual há um desequilíbrio entre a ação de espécies reativas de oxigênio e a inibição desses por antioxidantes (HALLIWELL e GUTTERIDGE, 1999; SIES, 1993).

O processo de estresse oxidativo pode estar envolvido na patogênese e/ou atuar como fator de complicação de algumas doenças, como câncer (CERUTTI, 1994; FEIG, REID e LOEB, 1994) diabetes (BAYNES, 1991), aterosclerose (HALLIWELL e GUTTERIDGE, 1999), entre outras. Com a finalidade de combater esse processo, é importante consumir fontes alimentares de compostos antioxidantes, visto que o consumo regular de alimentos ricos nesses compostos, em especial frutas tropicais, está associado a efeitos protetores contra o desenvolvimento de tais doenças (GUGGENHEIM e SHAH, 2013; REISS et al., 2012).

O efeito antioxidante dos alimentos tem sido atribuído, em parte, à presença de vários compostos bioativos, como vitaminas, antocianinas, compostos fenólicos e flavonoides (GAWLIK-DZIKI, 2012). Nesse sentido, relaciona-se à capacidade dos compostos de prevenir a oxidação de biomoléculas, reduzindo o nível de estresse oxidativo (ALMEIDA et al., 2011; RUFINO et al., 2010).

Além das propriedades biológicas, os antioxidantes naturais são compostos de interesse em indústrias de alimentos e cosméticos por serem possíveis substitutos aos antioxidantes sintéticos (FINCO et al., 2012). O interesse parte dos questionamentos a respeito da inocuidade dos antioxidantes sintéticos, pois há

estudos que demonstram que esses compostos podem exercer efeitos tóxicos, levando a mutagênese e carcinogênese (BIRCH et al., 2001).

1.7 Avaliação da capacidade antioxidante utilizando os radicais DPPH e ABTS

Os métodos que utilizam os radicais DPPH e ABTS são altamente sensíveis e relativamente simples de serem executados. Por isso, são os mais utilizados em estudos de avaliação da capacidade antioxidante de alimentos. De forma geral, recomenda-se que sejam escolhidos ao menos dois métodos diferentes, para avaliar com maior precisão a atividade antioxidante dos alimentos, levando em consideração a viabilidade e aplicabilidade de cada teste (PÉREZ-JIMÉNEZ et al., 2008).

1.7.1 DPPH

O DPPH, 2,2-difenil-1-picrilhidrazil, é caracterizado como um radical livre estável em virtude da ressonância da molécula como um todo, não formando dímeros, como a maioria dos outros radicais livres. A ressonância também dá origem à cor violeta (KEDARE e SINGH, 2011).

O método DPPH, proposto por Brand-Williams e colaboradores (1995), consiste na análise espectrofotométrica da atividade antioxidante total pela captura desse radical livre (DAWIDOWICZ, WIANOWSKA e OLSZOWY, 2012). Essa técnica tem como fundamento a transferência de elétrons, que consiste na redução do radical DPPH, fenômeno observado pela perda da coloração violeta. A redução do DPPH por um antioxidante ou por uma espécie radicalar leva ao desaparecimento da absorção (Figura 1), que pode ser observada pelo decréscimo da absorbância no comprimento de onda observado, em torno de 515 nm (ALVES et al., 2010; BRAND-WILLIAMS et al., 1995; KEDARE e SINGH, 2011). Assim, o método baseia-se na medida da capacidade dos antioxidantes em reduzir o radical DPPH (PRIOR, 2005).

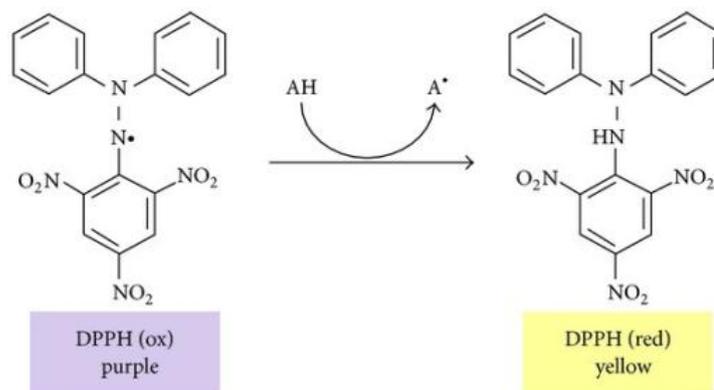


Figura 1. Princípio do ensaio da redução do radical DPPH pela adição de um antioxidante (TEIXEIRA et al., 2013).

Almeida e colaboradores (2011) avaliaram a capacidade antioxidante de 11 frutos de espécies exóticas brasileiras e entre elas, os frutos das espécies *Spondias purpurea* L. e *Spondias tuberosa*. O método DPPH foi um dos utilizados para análise e a partir dele, foram obtidos resultados que variaram entre $1,50 \pm 0,24 \mu\text{M}$ equivalentes de TROLOX (TEAC) para a espécie *Spondias purpurea* L. e $0,70 \pm 0,16 \mu\text{M}$ TEAC para a espécie *Spondias tuberosa*. Os resultados demonstraram diferenças estatisticamente relevantes na capacidade antioxidante entre as espécies citadas. Comparando as duas espécies, os frutos de *Spondias purpurea* L. demonstraram maior atividade antioxidante.

1.7.2 ABTS

O cátion radical ABTS^+ (2,2'-azinobis 3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico) é formado a partir da reação entre o sal ABTS e um composto com alto poder oxidante, como o persulfato potássico (Figura 2) (BOLIGON, MACHADO e ATHAYDE, 2014). O método ABTS baseia-se na habilidade dos compostos antioxidantes em capturar o cátion radical ABTS (KUSKOSKI et al., 2005).

Para utilizar o método, avalia-se na amostra o grau de descoloração, como percentual de inibição do cátion radical ABTS, que pode ser determinado em função da concentração e tempo. Assim, a captura do radical provoca um decréscimo na absorbância. O método é aplicável ao estudo de antioxidantes solúveis em água e solúvel em lipídios, compostos puros e extratos de alimentos (RE et al., 1999; SUCUPIRA, 2012).

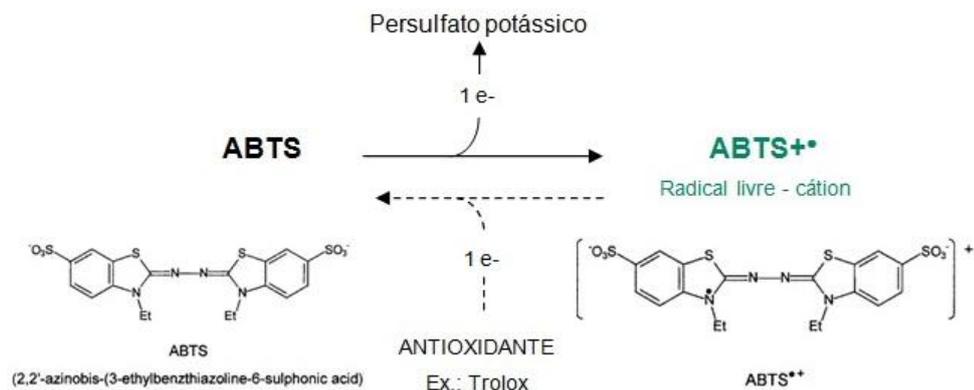


Figura 2. Reação química do radical ABTS (adaptado de BOLIGON, MACHADO e ATHAYDE, 2014; PANNALA et al., 2001).

Utilizando o método ABTS como um dos parâmetros para analisar a capacidade antioxidante, Moo-Huchin e colaboradores (2014) avaliaram 19 frutas tropicais mexicanas, entre elas *Spondias purpurea* L. Os resultados demonstraram um total de $662,67 \pm 35,34 \mu\text{M TEAC}$ para a espécie, resultado semelhante ao da espécie *Yellow cashew*, com um total de $642,06 \pm 38,17 \mu\text{M TEAC}$, ambas pertencentes à mesma família (*Anacardiaceae*).

2. JUSTIFICATIVA

O Cerrado possui uma flora rica, com diferentes espécies de frutos como jenipapo (*Genipa americana* L.), murici (*Byrsonima crassifolia* L. RICH), maracujá (*Passiflora alata* Dryand) e seriguela (*Spondias purpurea* L.), que oferecem grande valor nutricional. Além disso, muitos frutos do Cerrado possuem compostos capazes de desempenhar atividades biológicas importantes, como a atividade antioxidante. Contudo, grande parte dessas espécies são pouco conhecidas e estudadas, tradicionalmente utilizadas pela população local (SAMPAIO, BORA e HOLSCUH, 2008; VIEIRA et al., 2006; SOUZA et al., 2012). Isso ressalta a necessidade de desenvolver pesquisas científicas que comprovem o potencial benéfico do consumo de frutos do Cerrado.

A seriguela - *Spondias purpurea* L.- é uma fruta cultivada no Cerrado que possui importantes propriedades nutricionais e constitui fonte de compostos que trazem diversos benefícios à saúde. 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. Assim, avaliar a maturação dos frutos de *Spondias purpurea* L. é um parâmetro relevante para a qualidade e analisar o perfil de compostos bioativos fornece conhecimento acerca dos benefícios do consumo dos frutos dessa espécie. Os resultados deste estudo são importantes para incentivar o cultivo, o comércio local e a produção de derivados da seriguela.

3. OBJETIVOS

3.1 Geral

Avaliar a maturação, determinar a composição fenólica e atividade antioxidante *in vitro* de seriguelas (*Spondias purpurea* L.) cultivadas no Cerrado, bem como estabelecer uma correlação entre esses resultados.

3.2 Específicos

- Avaliar a maturação comercial por meio das análises de sólidos solúveis totais (SST), pH e acidez total titulável (ATT);
- Elaborar extratos de cascas de *Spondias purpurea* L. com os solventes: etanol e metanol;
- Quantificar os compostos fenólicos: polifenóis totais, polifenóis polimerizados e não-polimerizados, ésteres tartáricos e flavonóis, e orto-difenóis;
- Avaliar a atividade antioxidante *in vitro* pela captura dos radicais livres DPPH e ABTS;
- Verificar a correlação entre os resultados dos compostos fenólicos e a atividade antioxidante dos extratos de *Spondias purpurea* L.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Material

4.1.1 Coleta das amostras

Os ensaios foram conduzidos com seriguelas colhidas durante a safra 2015, em uma propriedade com pomares domésticos nativos de seriguela (*Spondias purpurea* L.), situada no Setor de Chácaras Brito, Luziânia - Goiás, Brasil. A área pertence ao bioma Cerrado e tem a seguinte localização: 16° 11' 48.887" S, 47° 52' 13.808" O. O comprimento, diâmetro e peso dos frutos variaram de: 1,2 a 2,0 cm; a 0,3 a 1,1 cm; e 6,0 a 15,0 g respectivamente e aproximadamente. Todas as medidas foram calculadas a partir de cem frutos. Os frutos foram coletados quando atingiram a maturidade, respeitando os períodos de maturação e colheita da variedade.

4.1.2 Reagentes

Os reagentes padrão utilizados - ácido cafeico, catequina, quercetina e ácido gálico - foram de grau CLAE, obtidos da Sigma (St. Louis, MO, USA). Os demais reagentes foram de padrão analítico: etanol absoluto, hidróxido de sódio, ácido clorídrico e ácido sulfúrico foram obtidos da Vetec; metanol, obtido da Quimex; vanilina, obtida da Fluka; carbonato de sódio, obtido da Fmaia; molibdato de sódio, obtido da Merck; Folin Ciocalteau, ABTS e DPPH, obtidos da Sigma.

4.2 Métodos

4.3 Avaliação da maturação

Para avaliar a maturação comercial, foram feitas análises de sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (ATT) e pH dos frutos frescos de *Spondias purpurea* L., de acordo com Amerine e Ough (1980). Foram utilizados 45 frutos.

4.3.1 Sólidos solúveis totais (SST)

O teor de SST foi quantificado por refratometria, utilizando um refratômetro de bancada ABBE, com banho termostático a partir da circulação de água ($20 \pm 0,2$ °C). Uma gota de suco puro das frutas foi utilizada para a análise. Os resultados foram expressos em °Brix.

4.3.2 Acidez total titulável (ATT)

Uma amostra de 10 mL de suco foi diluída em 50 mL de água destilada. Duas gotas de indicador fenolftaleína foram adicionadas à diluição. Em seguida, a amostra foi titulada com solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,1 N até atingir pH entre 8,2 e 9,0. Os resultados expressos em porcentagem de ácido cítrico (%).

4.3.3 pH

O pH das amostras foi aferido com o auxílio de um pHmetro digital calibrado Gehaka modelo PG 1800. Foram utilizadas três amostras de suco puro.

4.4 Análise de compostos fenólicos

As análises de quantificação de compostos fenólicos nos extratos dos frutos de *Spondias purpurea* L. foram realizadas com o auxílio de um espectrofotômetro UV-Vis Hitachi, modelo U-3900H.

4.4.1 Preparação dos extratos

Os extratos foram obtidos a partir das cascas das seriguelas (500 mL de solvente extrator para cada 100 g de cascas), segundo metodologia proposta por Lees e Francis (1972) com algumas adaptações, na qual etanol e metanol foram utilizados para preparo das soluções extratoras. Antes das análises, os extratos foram armazenados ao abrigo da luz a 4 ± 1 °C.

4.4.2 Polifenóis totais

A quantificação dos polifenóis totais foi realizada pelo método de Folin-Ciocalteu (SINGLETON e ROSSI, 1965) por espectrofotometria, no comprimento de onda 760 nm. Os valores foram expressos em miligramas equivalentes de ácido gálico (EAG) por 100 gramas (mg EAG/100 g).

4.4.3 Determinação dos polifenóis polimerizados e não-polimerizados (índice de vanilina)

A análise de polifenóis não-polimerizados foi realizada de acordo com Paronetto (1977). A metodologia baseia-se na reação da vanilina com o anel do floroglucinol da catequina nas posições C6 ou C8, formando um complexo vanilina-catequina, de coloração vermelha, com máximo de absorção entre 500 - 520 nm. Os resultados foram expressos em mg de catequina/100 g. A determinação de polifenóis polimerizados foi obtida a partir da redução dos polifenóis não-polimerizados do teor de polifenóis totais.

4.4.4 Ésteres tartáricos e flavonóis

Para análise de ésteres tartáricos e flavonóis, a metodologia foi realizada segundo Paronetto (1977), a partir de leituras de espectrofotometria em comprimento de onda a 320 e 360 nm, respectivamente. Os resultados foram expressos em mg quercetina/100 g para flavonóis e mg/100 g de ácido cafeico para ésteres tartáricos.

4.4.5 Determinação dos orto-difenóis (reação de Arnow)

A determinação dos orto-difenóis foi realizada de acordo com Paronetto (1977), utilizando o reativo de Arnow. O princípio do método consiste na formação compostos quelados com metais de transição ou com outros elementos como o boro ou o molibdeno, a partir de orto, di e tri-fenóis. Apenas os mono, meta e para-fenóis

não formam compostos quelados, e por isso não interferem na reação. Os resultados foram expressos em mg de catequina/100 g.

4.5 Avaliação da atividade antioxidante *in vitro*

A avaliação da atividade antioxidante *in vitro* foi realizada através da avaliação da captura dos radicais livres DPPH segundo Kim e colaboradores (2002), e ABTS de acordo com Re e colaboradores (1999). Os resultados foram expressos como equivalentes de TROLOX ($\mu\text{M TEAC}$).

4.6 Análises estatísticas

Análise de variância (ANOVA), Teste de Tukey e Análise de Correlação foram realizadas no programa STATISTICA 6 (2001), admitindo nível de significância de 5%. Todas as análises foram realizadas com duas repetições em triplicata.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Maturação

Os frutos, quando colhidos imaturos, tem pouca qualidade e alto índice de perda de água. Além disso, tornam-se muito suscetíveis a desordens fisiológicas. Por outro lado, quando colhidos muito maduros, entram rapidamente em senescência (AZZOLINI, 2004 apud MANICA et al., 2000). É indispensável conhecer o estágio de maturação adequado para o período de colheita, a fim de oferecer frutos de qualidade ao consumidor. A inadequação do manejo dos frutos na colheita e no período pós-colheita acelera o processo de senescência, o que pode afetar consideravelmente a qualidade e limitar a comercialização.

5.1.1 Sólidos solúveis totais

Graus Brix ($^{\circ}\text{Brix}$) possuem esse nome devido ao cientista Austro-alemão Adolf Ferdinand Wenceslaus Brix (1798-1870), que desenvolveu a unidade em 1870.

Um líquido tem um grau Brix (= 1% Brix) se possui o mesmo índice de refração que uma solução de sacarose a 1%. Quanto mais graus Brix uma solução apresenta, mais doce é o sabor, e menos perecível será o alimento (BARRET, SOMOGYI e RAMASWAMY, 1996; HAUS, 2010).

O teor de SST obtido neste estudo, a partir da análise das seriguelas foi de $14,08 \pm 1,47$ °Brix (Tabela 1). Isso significa que as seriguelas apresentaram uma concentração de 14% de açúcares, ou seja, 14 g de açúcares para cada 100 g de frutos. Esse resultado ficou na faixa de variação SST determinada por Sampaio, Bora e Holschuh (2008), que obtiveram variação de 7,7 a 15,7 °Brix durante a maturação. O teor de SST obtido neste estudo, das seriguelas colhidas no Brasil (Luziânia-GO), foi superior ao encontrado por Moo-Huchin e colaboradores (2014), que obtiveram valores de $9,62 \pm 0,05$ °Brix em seriguelas colhidas no México (Yucatan), o que pode indicar que os frutos analisados por esses autores foram coletados em um estágio de maturação anterior ao dos frutos do presente estudo ou que houve influência do tipo de cultivo, solo e clima, devido à colheita dos frutos comparados pertencerem a diferentes regiões.

A quantidade de SST é influenciada pela variação da espécie, fase de maturação, condições utilizadas para o armazenamento e tratamentos pós-colheita aplicados (LIMA et al., 2013). Por isso, pode haver diferenças significativas na quantificação de sólidos solúveis totais de frutos de diferentes locais.

5.1.2 Acidez total titulável e pH

A acidez nas frutas é importante para manter a natureza organoléptica inalterada e evitar processos de fermentação (XIE et al., 2011). A ATT pode variar de 0,2 a 0,3% em frutas com baixa acidez como banana e maçã, 2,0% em ameixas e mais de 6% em limão e outros frutos cítricos (CECCHI, 2003). Nos frutos de *Spondias purpurea* L. analisados, a ATT encontrada foi equivalente a $0,75 \pm 0,07\%$ de ácido cítrico (Tabela 1), o que classifica a seriguela como fruto de média acidez. Os resultados estão de acordo com Maldonado-Astudillo e colaboradores (2014), que obtiveram variação da ATT de *Spondias purpurea* L. entre 0,2 e 2,0%. Já Sampaio, Bora e Holschuh (2008) obtiveram variação de ATT entre 1,0 e 1,15%. Em estudos com outras frutas, Melo, Lima e Nascimento (1999) analisaram acerola e

pitanga, e obtiveram valores de acidez entre 2,04 e 1,64% de ácido cítrico, respectivamente.

O pH das amostras dos frutos de *Spondias purpurea* L. variou entre 2,86 a 2,88 (Tabela 1), estando de acordo com resultados encontrados por Freire e colaboradores (2011), que obtiveram variação entre 2,63 a 3,46, sendo o maior para o estágio mais maduro dos frutos. Os resultados obtidos também corroboram com valores encontrados por Hernández e colaboradores (2008). Segundo os autores, os frutos da espécie *Spondias purpurea* L. apresentam pH mais variável, com valores entre 2,5 e 6,0 a depender da cultivar e da região onde o fruto é cultivado. Em contraposição, os frutos da espécie *Spondias mombin* geralmente são bastante ácidos, com pH variando entre 2,3 e 3,3.

Tabela 1. Acidez total titulável (ATT), pH e sólidos solúveis totais (SST), a partir de amostras de suco de frutas frescas de *Spondias purpurea* L..

Espécie das frutas	ATT - Acidez total titulável (% ácido cítrico)	pH	SST (°Brix)
<i>Spondias purpurea</i> L.	0,75 ± 0,07	2,87 ± 0,01	14,08 ± 1,47

Os dados são médias de 3 repetições ± desvio padrão.

Durante o processo de maturação de diversas frutas, pode-se dizer que há relação entre acidez total titulável e o pH, considerando que quando ocorre diminuição da acidez há conseqüente aumento do pH. Isso ocorre pela formação de sais devido aos ácidos livres (BORA et al., 1991; BORGOGNO et al., 1984).

5.2 Compostos fenólicos

5.2.1 Polifenóis totais

A análise da composição fenólica permite identificar compostos que desempenham importante papel antioxidante (ACHKAR et al., 2013; CHALISE et al., 2001; RUFINO et al., 2010). Isso porque os polifenóis são os antioxidantes mais abundantes na dieta, alcançando valores diários que superam em aproximadamente

10 vezes a ingestão de vitamina C, e até 100 vezes a ingestão de carotenoides e vitamina E (SCALBERT, 2005).

A análise de compostos fenólicos nos alimentos geralmente requer procedimento de extração com uma combinação de solventes aquosos e orgânicos, seguida de determinação por meio de reagente de Folin-Ciocalteu (DELPINO-RIUS et al., 2015). A técnica de extração é variável, devido à complexidade das substâncias fenólicas dos alimentos e às diferenças de reatividade entre essas substâncias e os reagentes (ANGELO e JORGE, 2007).

O conteúdo de compostos bioativos, como compostos fenólicos, depende da genética da espécie, sendo variável de acordo com as condições de colheita e armazenamento, processamento e preparo do alimento (JAFFERY et al., 2003). A disponibilidade de polifenóis fornecida ao organismo humano pelo consumo de alimentos ricos nesses compostos é afetada pela concentração na matéria-prima e também pela quantidade consumida. Além disso, a presença de vitamina C torna esses compostos mais ativos no organismo (CIEŚLIK, GREDA e ADAMUS, 2006).

A Figura 3 apresenta os valores quantificados de polifenóis totais (PT), polifenóis polimerizados (PP) e polifenóis não-polimerizados (PNP) a partir dos extratos de *Spondias purpurea* L., utilizando os solventes etanol e metanol.

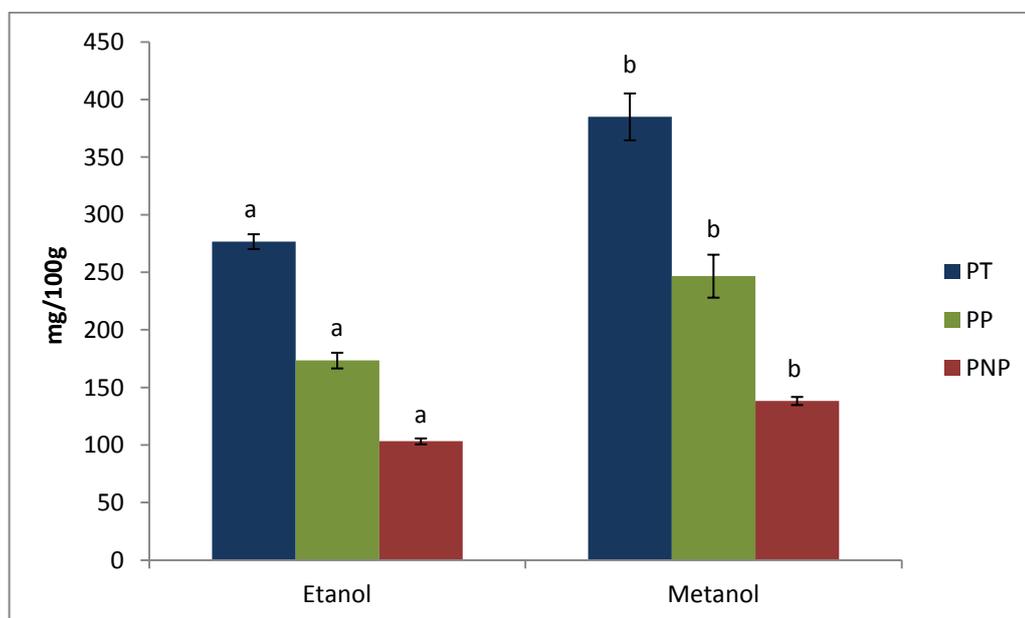


Figura 3. Concentração de polifenóis totais (mg EAG/100 g), polifenóis polimerizados (mg catequina/100 g) e polifenóis não-polimerizados (mg catequina/100 g), para os extratos de cascas de seriguelas em metanol e etanol.

*a, b - Letras diferentes entre as mesmas análises representam diferença estatística significativa com nível de significância de 5% (Teste de Tukey).

PT: polifenóis totais; PP: polifenóis polimerizados; PNP: polifenóis não-polimerizados; EAG: equivalente em ácido gálico.

O teor médio de PT quantificado a partir dos extratos de seriguelas foi de $276,71 \pm 6,41$ mg EAG/100 g e $385,04 \pm 20,32$ mg EAG/100 g de extrato utilizando etanol e metanol como solvente, respectivamente. Para essa análise, o solvente metanol demonstrou diferença significativa ($p < 0,05$) na extração de polifenóis totais a partir das cascas dos frutos da espécie, demonstrando maior eficiência.

O solvente que melhor extraiu polifenóis não-polimerizados foi metanol, com a concentração de $138,32 \pm 3,52$ mg de catequina/100 g, enquanto a quantificação para etanol foi de $103,28 \pm 2,54$ mg de catequina/100 g. A variação de polifenóis não-polimerizados entre os dois extratos (por litro) foi de 51,64 a 69,14 mg catequina/L de extrato. A diferença na extração desses compostos pelos extratos foi estatisticamente significativa ($p < 0,05$). Quanto aos polifenóis polimerizados, foi obtido $246,72 \pm 18,66$ mg de catequina/100g com o extrato em metanol, e $173,42 \pm 6,81$ mg de catequina/100 g com o extrato em etanol.

Lima (2012) avaliou o perfil fenólico e atividade antioxidante de vinhos Goethe e o teor de polifenóis não-polimerizados variou de 29,44 à 57,54 mg catequina/L. Os resultados de polifenóis não-polimerizados obtidos neste estudo para os extratos de seriguelas foram muito superiores em comparação com o trabalho de Lima (2012).

Considerando a variação entre as espécies, os valores de polifenóis totais encontrados para os dois extratos de seriguelas foram superiores comparados a outros estudos. Rufino e colaboradores (2010) quantificaram polifenóis totais presentes em 18 frutas tropicais brasileiras utilizando metanol, acetona e água como solventes extratores. Entre as frutas, analisaram polifenóis totais nas cascas e polpas de três espécies pertencentes à mesma família das seriguelas (*Anacardiaceae*): caju, cajá e umbu. Encontraram $72,0 \pm 4,4$ mg EAG/100 g para cajá, $118 \pm 3,7$ mg EAG/100 g para caju e $90,4 \pm 2,2$ mg EAG/100 g para umbu. Omena e colaboradores (2012) analisaram o conteúdo fenólico total de extratos etanólicos das cascas de três frutas diferentes e obtiveram $187,7 \pm 11,3$ mg EAG/g em genipapo, $112,2 \pm 13,2$ mg EAG/g em seriguelas e $52,5 \pm 5,9$ mg EAG/g em umbu.

Os resultados obtidos a partir de seriguelas do presente estudo foram superiores aos encontrados por Rufino e colaboradores (2010). Por essa razão, ao comparar os resultados, foi possível observar que apesar de pertencer à mesma

família dos frutos analisados por Rufino e colaboradores (2010), a espécie *Spondias purpurea* L. apresentou maior conteúdo de polifenóis. Com relação ao estudo de Omena e colaboradores (2012), embora as seriguelas analisadas sejam da mesma espécie, nota-se que os valores obtidos pelos autores foram inferiores ao deste trabalho. Percebe-se que há uma variação considerável na quantificação de polifenóis nas frutas, o que pode ser atribuído ao método utilizado, tipo de solvente para extração, qualidade dos frutos, entre outros.

Esses resultados demonstram que do total de polifenóis obtidos com os extratos, o extrato em metanol apresentou cerca de 64% de polifenóis polimerizados e 36% de polifenóis não-polimerizados, resultados muito próximos aos obtidos com o extrato em etanol, pois este apresentou aproximadamente 63% de polifenóis polimerizados e 37% de polifenóis não-polimerizados. Portanto, a proporção de polifenóis polimerizados foi superior em relação aos não-polimerizados para os dois extratos. Esses resultados são de grande valia para estimar o potencial antioxidante atribuído aos compostos dos frutos da espécie, visto que compostos polimerizados podem apresentar uma maior atividade contra radicais, o que resulta em um aumento da capacidade antioxidante (HAGERMAN et al., 1998; OLIVEIRA et al., 2008). Verificou-se a partir da análise de polifenóis dos extratos das cascas de seriguelas, que os frutos da espécie *Spondias purpurea* L. são ricos em compostos capazes de desempenhar atividade antioxidante. Assim, o consumo desses frutos pode oferecer benefícios à saúde.

5.2.2 Ésteres tartáricos e flavonóis

Os ácidos benzoicos e ácidos cinâmicos são dois grupos de compostos fenólicos que são classificados como ácidos fenólicos. Em algumas frutas, como a uva, é possível encontrar os ácidos hidroxicinâmicos sob a forma de ésteres tartáricos (SOARES, 2002). Esses compostos desempenham papel importante em reações de oxidação, o que leva ao escurecimento de produtos derivados, como o vinho (GRIS, 2010).

A Figura 4 refere-se aos resultados obtidos nas análises de ésteres tartáricos e flavonóis, a partir dos extratos de seriguelas, em etanol e metanol.

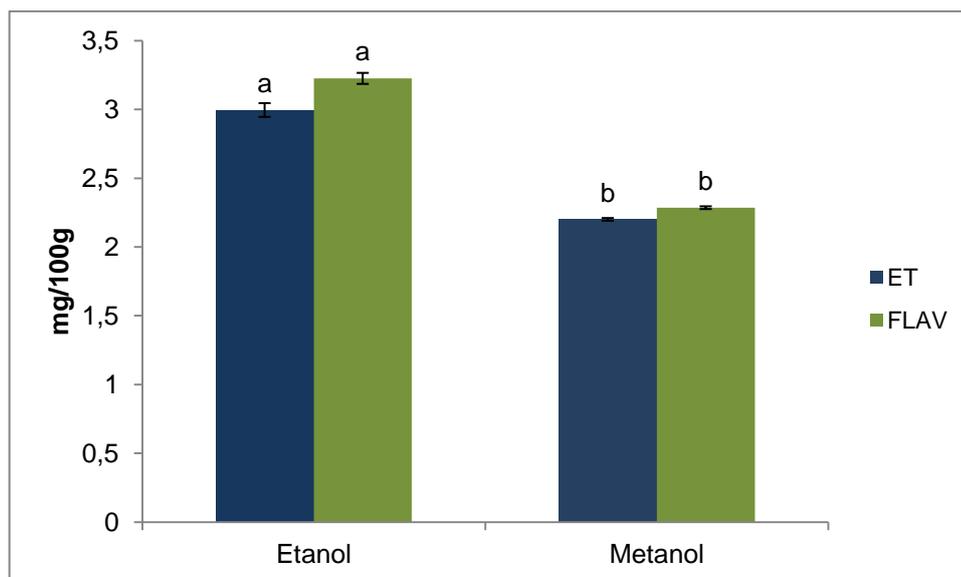


Figura 4. Concentração de ésteres tartáricos (mg ácido cafeico/100 g extrato) e de flavonóis (mg quercetina/100 g extrato) em extratos de *Spondias purpurea* L. com etanol e metanol. *a, b - Letras diferentes entre as mesmas análises representam diferença estatística significativa com nível de significância de 5% (Teste de Tukey). ET: ésteres tartáricos; FLA: flavonóis.

O extrato de seriguelas em etanol demonstrou maior capacidade de extração de ésteres tartáricos, em comparação ao metanol ($p < 0,05$). A variação para o primeiro foi de $2,99 \pm 0,05$ mg ácido cafeico/100 g e, para o segundo, de $2,20 \pm 0,01$ mg ácido cafeico/100 g extrato (Figura 4). Esses resultados foram inferiores aos obtidos por Lima (2012), que analisou o perfil fenólico e a atividade antioxidante de amostras de vinho, bebida produzida a partir de uvas e conhecida pelo alto teor de polifenóis e atividade antioxidante, importantes fontes de compostos benéficos à saúde (BOSELLI et al., 2006; LÓPEZ-VELEZ, MARTÍNEZ-MARTÍNEZ, e VALLE-RIBES, 2003). O autor encontrou uma variação de concentração entre 27,36 e 48,39 mg ácido cafeico/L referentes aos ésteres tartáricos.

Outro grupo de compostos fenólicos importante é o grupo de flavonoides, o qual apresenta atividade antioxidante e papel benéfico na prevenção de doenças cardiovasculares causadas por radicais livres. Pertencentes ao grupo dos flavonoides, os flavonóis são os compostos mais abundantes em alimentos, sendo quercetina, canferol e miricetina, os três flavonóis mais comuns (YAO et al., 2004).

O conteúdo de flavonóis quantificado foi de $3,22 \pm 0,04$ mg quercetina/100 g com o extrato em etanol e $2,28 \pm 0,01$ mg quercetina/100 g com o extrato em metanol. Assim como para os ésteres tartáricos, o extrato em etanol foi mais eficiente na extração de flavonóis.

Moo-Huchin e colaboradores (2014) analisaram compostos bioativos das partes comestíveis de seriguelas e outras frutas tropicais cultivadas no México. Para determinação do conteúdo de flavonoides em seriguelas, prepararam as amostras a partir de 1 grama de cada fruta para cada 10 mL de metanol 80%. As amostras foram sonicadas e centrifugadas. Do sobrenadante, foi realizada uma nova extração. Em seriguelas, obtiveram $152,35 \pm 4,08$ mg de quercetina/100 g, valor superior ao encontrado no presente estudo. Isso pode ser explicado pela divergência no método utilizado, e também pela diferença na proporção de solventes para preparo das amostras. Além disso, deve-se considerar que os flavonois representam apenas um dos grupos de compostos que constituem a classe dos flavonoides.

5.3 Orto-difenois

Uma característica comum de polifenóis, especialmente aqueles cujos grupos hidroxila localizam-se na posição orto ou para, é a facilidade de entrada em reações de redução-oxidação (CIEŚLIK, 2006). Por essa razão, compostos fenólicos com função orto desempenham importante atividade no combate a radicais livres (SROKA e CISOWSKI, 2003).

Os resultados da quantificação de orto-difenois, realizada a partir dos extratos de seriguelas, mostraram que para o extrato etanólico, o teor médio obtido foi de $223,28 \pm 7,99$ mg de catequina/100 g ($446,57 \pm 15,98$ mg catequina/L). Já para o extrato metanólico, a concentração média de orto-difenois foi de $140,52 \pm 4,36$ mg de catequina/100 g ($281,05 \pm 8,72$ mg catequina/L). A partir desses dados, é possível inferir que o solvente etanol apresentou melhor capacidade extratora de orto-difenois.

Caliari (2014) avaliou em seu trabalho a concentração de orto-difenois em espumantes de diferentes variedades de uva após 8, 16 e 24 meses armazenados. Os resultados obtidos mostraram que para espumante de uva Chardonnay, o teor de orto-difenois variou de $60,14 \pm 1,1$ a $53,5 \pm 3,8$ mg de catequina/L; para uva Niágara foi obtido variação de $73,2 \pm 1,1$ a $67,8 \pm 2,7$ mg de catequina/L; e para uvas do tipo Goethe o teor foi de $43,9 \pm 1,1$ a $57,4 \pm 3,0$ mg de catequina/L. Comparando aos resultados obtidos com os extratos de seriguelas, as três variedades uva possuem menor concentração de orto-difenois.

Os resultados obtidos com extratos de seriguelas também foram superiores aos encontrados por Lima (2012), que em seu trabalho, analisou o conteúdo de orto-difenóis a partir de amostras de vinho Goethe, e obteve variação de 45,97 a 87,04 mg de catequina/L.

5.4 Atividade antioxidante

Na Figura 5 estão representados os resultados encontrados através das análises da atividade antioxidante, pela execução dos métodos ABTS e DPPH com os extratos metanólico e etanólico dos frutos de *Spondias purpurea* L. Os resultados são expressos como equivalentes de Trolox ($\mu\text{M TEAC}$).

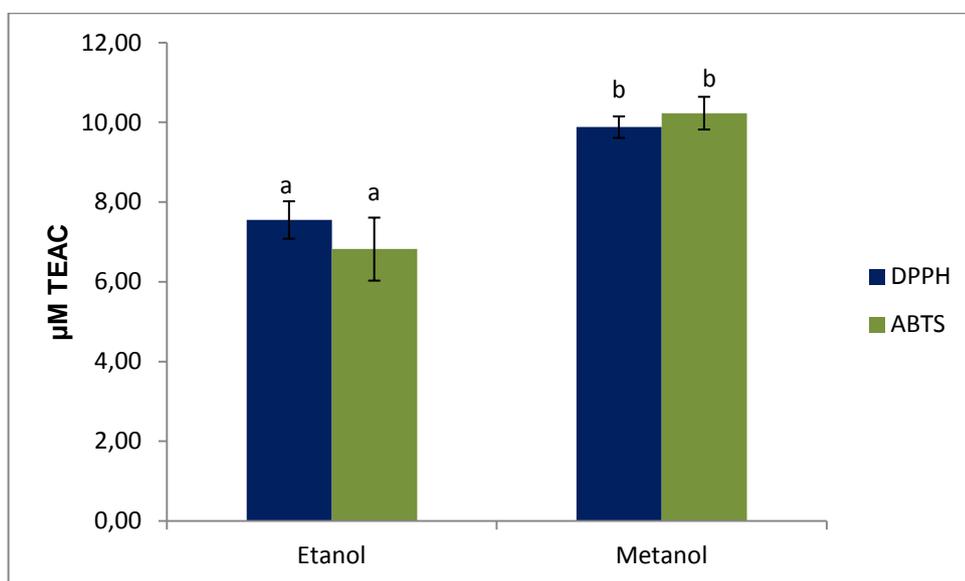


Figura 5. Comparativo entre a atividade antioxidante *in vitro* por contra os radicais DPPH e ABTS ($\mu\text{M TEAC}$) a partir dos extratos de seriguelas em etanol e metanol.

*a, b - Letras diferentes entre as mesmas análises representam diferença estatística significativa com nível de significância de 5% (Teste de Tukey).

Os valores verificados no ensaio de avaliação da atividade antioxidante pelo método DPPH foram de $9,88 \pm 0,79 \mu\text{M TEAC}$ para o extrato metanólico e $7,55 \pm 0,47 \mu\text{M TEAC}$ para o extrato etanólico. O extrato em metanol apresentou maior capacidade antioxidante que o extrato em etanol, sendo a diferença entre os extratos significativa ($p < 0,05$). Em análises realizadas por Almeida e colaboradores (2011), o resultado encontrado extratos de cascas com polpas de seriguelas foi inferior com relação ao obtido nesse estudo, com $1,50 \pm 0,24 \mu\text{M TEAC}$. Os autores também quantificaram $5,27 \pm 0,34 \mu\text{M TEAC}$ em polpa de mangaba e $33 \pm 0,06 \mu\text{M}$

TEAC em polpa de abacaxi, demonstrando que a atividade antioxidante pelo método DPPH varia bastante de acordo com a espécie de fruta analisada.

Para o método ABTS, os valores encontrados para o extrato em etanol foram de $6,82 \pm 0,27 \mu\text{M TEAC}$, significativamente inferiores ($p < 0,05$) ao resultado obtido com o extrato em metanol, equivalente a $10,23 \pm 0,41 \mu\text{M TEAC}$. Os valores encontrados foram próximos aos resultados de outros autores. Rufino e colaboradores (2010) avaliaram extratos de cascas com polpas de frutas brasileiras e entre elas, obtiveram com o método ABTS, $7,8 \pm 0,2 \mu\text{M TEAC}$ em cajá; $11,2 \pm 0,04 \mu\text{M TEAC}$ em caju e $6,3 \pm 0,2 \mu\text{M TEAC}$ em umbu. Já Almeida e colaboradores (2011) encontraram em extratos de cascas com polpas de seriguelas valor próximo ao quantificado nesse estudo, sendo $6,25 \pm 0,04 \mu\text{M TEAC}$ em seriguelas. Também detectaram $8,32 \pm 0,11 \mu\text{M TEAC}$ em tamarindo e $1,07 \pm 0,00 \mu\text{M TEAC}$ em umbu.

Os dois extratos do presente estudo apresentaram atividade antioxidante, estimada por meio da análise da inibição dos radicais DPPH e ABTS, o que indica que os frutos de *Spondias purpurea* L. possuem potencial de combate a radicais livres, com resultados comparáveis aos encontrados por outros autores.

Foi possível determinar diferença estatística significativa ($p < 0,05$) entre os métodos DPPH e ABTS, ao analisar a atividade antioxidante comparando os dois diferentes solventes. Porém, não houve diferença significativa entre os dois métodos considerando o mesmo solvente. Assim, para análise de atividade antioxidante, o extrato com metanol como solvente demonstrou maior capacidade de inibição dos radicais DPPH e ABTS, ou seja, melhor atividade antioxidante.

5.5 Correlação

A análise de correlação entre os resultados obtidos mostrou correlação positiva entre algumas análises da composição fenólica e atividade antioxidante dos extratos de *Spondias purpurea* L. O método ABTS teve correlação positiva ($p < 0,05$) com PT ($R = 0,98$), PNP ($R = 0,98$) e PP ($R = 0,97$). E o método DPPH também apresentou correlação positiva ($p < 0,05$) com PT ($R = 0,98$), PNP ($R = 0,99$) e PP ($R = 0,96$).

Os resultados obtidos eram esperados, uma vez que os compostos fenólicos são conhecidos pelo potencial antioxidante que desempenham, o que confere a

esses compostos um importante papel biológico (FU et al., 2014; HERVERT-HERNÁNDEZ et al., 2011; RYAN, THONDRE, e HENRY, 2011). Esses resultados estão de acordo com outros estudos.

Alguns autores também encontraram correlação positiva entre conteúdo fenólico e atividade antioxidante em frutas (IKRAM et al., 2009; KUSKOSKI et al., 2005; RUFINO et al., 2010). Analisando várias frutas, entre elas seriguelas, Almeida e colaboradores (2011), obtiveram correlação positiva entre composição fenólica e atividade antioxidante semelhante à encontrada neste trabalho, pelos métodos ABTS ($R = 0,94$, $p \leq 0,001$) e DPPH ($R = 0,88$, $p \leq 0,001$).

Observou-se que houve alta correlação entre os métodos ABTS e DPPH ($R = 0,98$; $p < 0,05$), o que indica que os extratos apresentaram atividade comparável para os dois radicais. Esses resultados estão de acordo com Moo-Huchin e colaboradores (2014), que encontraram alta correlação positiva entre os métodos em frutas tropicais, incluindo *Spondias purpurea* L., com $R = 0,82$ ($p \leq 0,05$).

6. CONCLUSÃO

A partir da análise de maturação dos frutos da espécie do Cerrado, *Spondias purpurea* L., foi possível observar que os resultados encontrados para o teor e sólidos totais, a acidez total titulável e o pH analisados, aproximaram-se de resultados obtidos por outros autores. As seriguelas foram coletadas em um estágio de maturação adequado para o consumo *in natura* e para produção de derivados.

Os frutos apresentaram composição fenólica relevante, com maior proporção de polifenóis totais polimerizados em relação aos não-polimerizados, o que pode promover uma melhor atividade antioxidante. Além disso, foram encontrados resultados significativos de ésteres tartáricos, flavonóis e orto-difenóis, compostos que também desempenham papel antioxidante importante.

Os dois extratos utilizados neste estudo, com etanol e metanol, foram eficientes na inibição dos radicais DPPH e ABTS, demonstrando que os frutos apresentam considerável capacidade antioxidante. O extrato em metanol demonstrou atividade significativamente ($p < 0,05$) maior contra os radicais DPPH e ABTS.

Ao comparar a capacidade extratora dos solventes, verificou-se que o extrato em etanol foi mais eficiente para extração de ésteres tartáricos, flavonóis e orto-difenóis, enquanto o extrato em metanol foi mais eficiente na extração de polifenóis totais, polimerizados e não-polimerizados e na inibição dos radicais ABTS e DPPH.

De acordo com a análise de correlação, a composição fenólica apresentou correlação positiva com DPPH e ABTS. Além disso, os métodos ABTS e DPPH demonstraram alta correlação positiva entre si, o que indica que os extratos apresentaram atividade antioxidante comparável para os dois radicais.

A partir dos resultados obtidos, verificou-se que as frutas da espécie *Spondias purpurea* L. apresentam composição interessante para consumo e os dados evidenciam a importância de investir no cultivo e comercialização desses frutos. Espera-se que as informações fornecidas por meio deste trabalho possam não apenas contribuir para estudos paralelos com seriguelas, mas também promover a valorização dessa espécie do Cerrado.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACHKAR, M. T.; NOVAES, G. M.; SILVA, M. J. D.; VILEGAS, W. Propriedade antioxidante de compostos fenólicos: importância na dieta e na conservação de alimentos. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 11, n. 2, p. 398-406, 2013.

ALIA-TEJACAL, I.; ASTUDILLO-MALDONADO, Y. I.; NÚÑEZ-COLÍN, C. A.; VALDEZ-AGUILAR, L. A.; BAUTISTA-BAÑOS, S.; GARCÍA-VÁZQUEZ, E.; ARIZAFLORES, R.; RIVERA-CABRERA, F. Caracterización de frutos de ciruela mexicana (*Spondias purpurea* L.) del sur de México. **Revista Fitotecnica Mexicana**, v. 35, n. 5, p 21-26, 2012.

ALMEIDA, M. M. B.; SOUSA, P. H. M.; ARRIAGA, A. M. C.; PRADO, G. M.; MAGALHÃES, C. E. C.; MAIA, G. A. Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh exotic fruits from northeastern Brazil. **Food Research International**, v. 44, p. 2155–2159, 2011.

ALVES, C.Q.; DAVID, J.M.; BAHIA, M.V.; AGUIAR, R.M. Métodos para determinação de atividade antioxidante *in vitro* em substratos orgânicos. **Química Nova** [online]., v. 33, n. 10, p. 2202-2210, 2010.

AMERINE, M.A.; OUGH, C.S. Methods for analysis of musts and wines. **New York, Wiley-Interscience**, 1980. 341p.

ANGELO, P. M., JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos – Uma breve revisão. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 66, n. 1, p. 232-240, 2007.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 269, de 22 de setembro de 2005. **Regulamento Técnico sobre a Ingestão Diária Recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais**. 2005.

AZZOLINI, M. **Fisiologia pós-colheita de goiabas ‘Pedro Sato’ estádios de maturação e padrão respiratório**. 100f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2002.

BARRET, D. M.; SOMOGYI, L.; RAMASWAMY, H. **Processing Fruits: Science and Technology**. 2.ed. CRC Press, 1996. 561p.

BAYNES, J. W. Role of oxidative stress in development of complications in diabetes. **Diabetes**, v. 40, p. 405–412, Abr. 1991.

BIRCH, A. E.; FENNER, G. P.; WATKINS, R.; BOYD, L. C. Antioxidant properties of evening primrose seed extracts. **J. Agric. Food Chemistry**, v. 49, p. 4502-4507, 2001.

BOLIGON, A. A.; MACHADO, M. M.; ATHAYDE, M. L. Technical Evaluation of Antioxidant Activity. **Medicinal chemistry**, v. 4, n. 7, p. 517-522, 2014.

BORA, S.; NARAIN, N.; HOLSCHUH, H. J.; VASCONCELOS, M. A. S. Changes in Physical and Chemical Composition during Maturation of Yellow Mombin (*Spondias mombin*) Fruits. **Food Chemistry**, v. 41, p. 341-348, 1991.

BORGOGNO, L.; TARETTO, E.; BOLOGNA, P.; ARNULFO, C.; MORANDO, A. La maturazione dell'uva. **Vignevini Bologna**, v. 3, p. 59-65, 1984.

BOSELLI, E.; MINARDI, M.; GIOMO, A.; FREGA, N.G. Phenolic composition and quality of white d.o.c. wines from Marche (Italy). **Analytica Chimica Acta**, v. 563, p. 93-100, 2006.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M.E.; BERSET, C. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. **Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie**, v. 28, p. 25-30, 1995.

BUENO, S. M.; V. LOPES, M^a R., GRACIANO, R. A. S.; FERNANDES, E. C. B.; GARCIA-CRUZ, C. H. Avaliação da qualidade de Polpas de Frutas Congeladas. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v.62, n. 2, p.121-126, 2002.

BUGAUD, C.; DEVERGE, E.; DARIBO, M.O.; RIBEYRE, F.; FILS-LYCAON, B.; MBÉGUIÉ-A-MBÉGUIÉ, D. Sensory characterisation enabled the first classification of dessert bananas. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 91, p. 992–1000, 2011.

CAETANO, A. C. S., MELO, E. A.; LIMA, V. L. A. G; MACIEL, M. I. S., ARAÚJO, C.R. Extração de antioxidantes de resíduos agroindustriais de acerola. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 12, n. 2, p. 155-160, 2009.

CALIARI, V. **Influência da Variedade de Uva, do Método de Elaboração e Envelhecimento sobre Borrás na Composição Química e Sensorial de**

Espumantes/ Vinícius Caliari. 191 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, 2014.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análises de alimentos.** 2.ed. rev. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 208 p., 2003.

CERUTTI P. A. Oxy-radicals and cancer. **Lancet**, v. 344, p. 862-863, 1994.

CHALISE, J. P.; ACHARYA, K.; GURUNG, N.; BHUSAL, R. P.; GURUNG, R.; SKALKO-BASNET, N. Antioxidant activity and polyphenol content in edible wild fruits from Nepal. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 61, n. 4, p. 425–432, 2010.

CIEŚLIK, E.; GREDA, A.; ADAMUS, W.; Contents of polyphenols in fruit and vegetables. **Food Chemistry**, v. 94, p. 135–142, 2006.

DAWIDOWICZ, A. L.; WIANOWSKA, D.; OLSZOWY, M. On practical problems in estimation of antioxidant activity of compounds by DPPH method (Problems in estimation of antioxidant activity). **Food Chemistry**, v. 131, n. 3, p. 1037-1043, 2012.

DELPINO-RIUS, A.; ERAS, J.; VILARO, F.; CUBERO, M. A.; BALCELLS, M.; CANELA-GARAYO, R. Characterisation of phenolic compounds in processed fibres from the juice industry. **Food Chemistry**, v. 172, p. 575–584, 2015.

DUVALL, C. S. On the origin of the tree *Spondias mombin* in Africa. **Journal of Historical Geography**, v. 32, p. 249–266, 2006.

DUYN, M. A. V.; PIVONKA, E. Overview of the health benefits of fruit and vegetable consumption for the dietetics professional: selected literature. **Journal of the American Dietetic Association**, v. 100, n. 12, p. 1511–1521, 2000.

EMBRAPA AGROINDUSTRIA TROPICAL. **Geração de Técnicas de Conservação Pós-Colheita para Valorização do Cultivo de Cajá e Ciriguela no Estado do Ceará.** Relatório Técnico Final de Projeto. Fortaleza, Ceará, 2001.

ENGELS, C.; GRÄTER, D.; ESQUIVEL, P.; JIMÉNEZ, V. M.; GÄNZLE, M. G.; SCHIEBER, A. Characterization of phenolic compounds in jocote (*Spondias purpurea* L.) peels by ultra high-performance liquid chromatography/electrospray

ionization mass spectrometry. **Food Research International**, v. 46, p. 557–562, 2012.

ESTI, M.; CINQUANTA, L.; SINESIO, F.; MONETA, E.; DI MATTEO, M. Physicochemical and sensory fruit characteristics of two sweet cherry cultivars after cool storage. **Food Chemistry**, v. 76, p. 399–405, 2002.

ETIENNE, A.; GÉNARDB, M.; BANCEL, D.; BENOIT, S.; BUGAUD, C. A model approach revealed the relationship between banana pulp acidity and composition during growth and post harvest ripening. **Scientia Horticulturae**, v. 162, p. 125–134, 2013.

FALLER, A. L. K.; FIALHO, E. The antioxidant capacity and polyphenol content of organic and conventional retail vegetables after domestic cooking. **Food Research International**, v. 42, n. 1, p. 210-215, 2010.

FEIG, D. I.; REID, T. M.; LOEB, L. A. Reactive oxygen species in tumorigenesis. **Cancer Research**, v. 54, p. 1890s-1894, 1994.

FILGUEIRAS, H. A. C.; ALVES, R. E.; MOURA, C. F. H.; OLIVEIRA, A. C.; ARAÚJO, N. C. C. Calidad de frutas nativas de Latinoamérica para industria: Ciruela mexicana (*Spondias purpurea* L.). **InterAmerican Society for Tropical Horticulture**, v. 43, p. 68–71, 2001.

FINCO, F. D. B. A.; KAMMERER, D. R.; CARLE, R.; TSENG, W. H.; BÖSER, S.; GRAEVE, L. Antioxidant activity and characterization of phenolic compounds from Bacaba (*Oenocarpus bacaba* Mart.) fruit by HPLC-DAD-MSn. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 60, p. 7665–7673, 2012.

FINLEY, J. W.; KONG, AH-NG; HINTZE, K. J.; JEFFERY, E. H.; JI, L. L.; LEI, X. G. Antioxidants in Foods: State of the Science Important to the Food Industry. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 59, p. 6837–6846, 2011.

FREIRE, E. C. B. S.; SILVA, F. V. G.; SANTOS, A. F.; MEDEIROS, I. F.; Avaliação da qualidade de ciriguela (*Spondias purpurea*, L) em diferentes estádios de maturação. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.6, n.2, p. 27–40, 2011.

FU, R.; ZHANG, Y.; GUO, Y.; LIU, F.; CHEN, F. Determination of phenolic contents and antioxidant activities of extracts of *Jatropha curcas* L. seed shell, a by-product, a

new source of natural antioxidant. **Industrial Crops and Products**, v. 58, p. 265–270, 2014.

GAWLIK-DZIKI, U. Changes in the antioxidant activities of vegetables as a consequence of interactions between active compounds. **Journal of Functional Foods**, v. 4, p. 872–882, Jul 2012.

GONÇALVES, A.E.S.S. **Avaliação da capacidade antioxidante de frutas e polpas de frutas nativas e determinação dos teores de flavonóides e vitamina C**. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Ciência dos Alimentos, Universidade de São Paulo, Faculdade de Ciências Farmacêuticas, 2008.

GRIS, E. F. **Perfil fenólico e atividades antioxidante e hipolipemiante de vinhos de variedades *Vitis vinifera* cultivadas em São Joaquim - SC - Brasil**. 179f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, 2010.

GUGGENHEIM D. E.; SHAH M. A. Gastric cancer epidemiology and risk factors. **Journal of Surgical Oncology**, v. 107, p. 230-236, 2013.

HAGERMAN, A. E.; RIEDL, K. M.; JONES, G. A.; SOVIK, K. N.; RITCHARD, N. T.; HARTZFELD, P. W.; RIECHEL, T. L. High Molecular Weight Plant Polyphenolics (Tannins) as Biological Antioxidants. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 46, p. 1887-1892, 1998.

HALLIWELL, B.; GUTTERIDGE, J.M.C. **Free Radical Biology and Medicine**, 3.ed. **New York: Oxford University Press**, 1999.

HAUS, J. **Optical Sensors: Basics and Applications**. 1.ed. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2010.

HERNÁNDEZ, B. C. R.; EULOGIO, P. B.; RAMOS, J. Z. C.; URIAS, A. M.; HASBACH, G. P.; BARRIOS, E. P. Sistemas de producción de *Spondias purpurea* (*Anacardiaceae*) en el centro-occidente de México. **Revista de Biología Tropical (International Journal of Tropical Biology and Conservation)** v. 56, n. 2, p. 675–687, 2008.

HERVERT-HERNÁNDEZ, D.; GARCÍA, O. P.; ROSADO, J. L., GOÑI, I. The contribution of fruits and vegetables to dietary intake of polyphenols and antioxidant capacity in a Mexican rural diet: importance of fruit and vegetable variety. **Food Research International**, v. 44, p. 1182–1189, 2011.

IKRAM, E. H. K.; ENG, K. H.; JALIL, A. M. M.; ISMAIL, A.; IDRIS, S.; AZLAN, A.; NAZRI, H. S. M.; DITON, N. A. M.; MOKHTAR, R. A. M. Antioxidant capacity and total phenolic content of Malaysian. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 22, p. 388–393, 2009.

JAFFERY, E.H., BROWN, A.F., KURILICH, A.C., KEEK, A.S., MATUSHESKI, N., KLEIN, B.P. Variation in content of bioactive components in broccoli. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 16, p. 323–330, 2003.

KATZ, E.; LAGUNES, P. M.; RIOV, J.; WEISS, D.; GOLDSCHMIDT, E. E. Molecular and physiological evidence suggests the existence of a system II-like pathway of ethylene production in non-climacteric Citrus fruit. **Planta**, v. 219, n. 2, p. 243-252, Mar. 2004.

KEDARE, S. B.; SINGH, R. P. Genesis and development of DPPH method of antioxidant assay. **Journal of Food Science and Technology**, v. 48, n. 4, p. 712-422, 2011.

KIM, D-O.; LEE, K.W.; LEE, H.J.; LEE, C.Y. Vitamin C equivalent antioxidant capacity (VCEAC) of phenolics phytochemicals. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, p. 3713-3717, 2002.

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

KUSKOSKI, E. M.; ASUERO, A. G.; TRONCOSO, A. M.; MANCINI-FILHO, J.; FETT, R. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.25, n. 4, p. 726-732, 2005.

LEES, D. H.; FRANCIS, F. J. Standardization of pigment analyses in cranberries. **American Society for Horticultural Science (HortScience)**, v. 7, p. 83–84, 1972.

LIMA, C. A.; FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; CRAOHEN, K. O.; GUIMARÃES, T. G. Características físico-químicas, polifenóis e flavonoides amarelos em frutos de espécies de pitaias comerciais e nativas do Cerrado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, [online]. v. 35, n. 2, p. 565-570, 2013.

LIMA, N. E. F. **Perfil fenólico e atividade antioxidante de vinhos Goethe-caracterização e evolução durante o armazenamento em garrafa**. 136f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, Universidade federal de Santa Catarina, 2012.

LÓPEZ-VELEZ, M.; MARTÍNEZ-MARTÍNEZ, F.; VALLE-RIBES, C. The study of phenolic compounds as natural antioxidants in wine. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 43,n. 3, p. 233-244, 2003.

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

MANICA, I. et al. **Fruticultura Tropical 6. Goiaba**. Porto Alegre: Cinco Continentes, Editora LTDA, 374p., 2000.

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

MARTINS, S. T., MELO, B. **Spondias (Cajá e outras)**. 2003. Disponível em: <<http://www.fruticultura.iciag.ufu.br/caja.html>>. Acesso em: 09 mar. 2015.

MELO, E. A.; LIMA, V. L. A. G.; NASCIMENTO, P. P.; Formulação e avaliação físico-química e sensorial de geleia mista de pitanga (*Eugenia uniflora* L.) e acerola (*Malpighia* sp). **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 17, n. 1, p. 33-44, 1999.

MENDES-FILHO N. E.; CARVALHO, M. P.; SOUZA, J. M. T. Determinação de macrocomponentes e nutrientes Minerais da polpa de manga (*Mangifera indica* L.) **Perspectivas da Ciência e Tecnologia**, v. 6, n. 1/2, p. 22-36, 2014.

MOO-HUCHIN, V. M.; ESTRADA-MOTA, I.; ESTRADA-LEON, R.; CUEVAS-GLORY, L.; ORTIZ-VAZQUEZ, E.; VARGAS, M. L. V.; BETANCUR-ANCONA, D.; SAURIDUCH, E. Determination of some physicochemical characteristics, bioactive compounds and antioxidant activity of tropical fruits from Yucatan, Mexico. **Food Chemistry**, v. 152, p. 508-515, 2014.

NAWIRSKA-OLSZANSKA, A.; BIESIADA, A.; SOKÓL-LE-TOWSKA, A.; KUCHARSKAA, A. Z. Characteristics of organic acids in the fruit of different pumpkin species. **Food Chemistry**, v. 148, p. 415–419, 2014.

NEPA. **Tabela brasileira de composição de alimentos - TACO**, 4.ed. Campinas: Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação - UNICAMP, 2011.

OLIVEIRA, C. M.; FERREIRA, A. C. S.; PINHO, P. G.; SILVA, A. M. S. New Qualitative Approach in the Characterization of Antioxidants in White Wines by Antioxidant Free Radical Scavenging and NMR Techniques. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, p. 10326-10331, 2008.

OMENA, C. M. B.; VALENTIM, I. B.; GUEDES, G. da S.; RABELO, L. A.; MANO, C. M.; BECHARA, E. J. H.; SAWAYA, A. C. H. F.; TREVISAN, M. T. S.; COSTA, J. G. da; FERREIRA, R. C. S.; SANTANA, A. E. G.; GOULART, M. O. F. Antioxidant, anti-acetylcholinesterase and cytotoxic activities of ethanol extracts of peel, pulp and seeds of exotic Brazilian fruits Antioxidant, anti-acetylcholinesterase and cytotoxic activities in fruits. **Food Research International**, v. 40, p. 334-344, 2012.

PANNALA, S. A.; CHAN, T. S.; O'BRIEN, P. J.; RICE-EVANS, C. A. Flavonoid B-ring chemistry and antioxidant activity: fast reaction kinetics. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, v. 282, p. 1161-1168, 2001.

PARONETTO, L. Polifenoli e Tecnica Enologica. **Selepress: Milan**, 1977. 324p.

PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; ARRANZ, S.; TABERNERO, M.; DÍAZ-RUBIO, M. E.; SERRANO, J.; GOÑI, I. Updated methodology to determine antioxidant capacity in plant foods, oils and beverages: Extraction, measurement and expression of results. **Food Research International**, v. 41, n. 3, p. 274–285, 2008.

PRIOR, R. L.; WU, X.; SCHAICH, K. Standardized Methods for the Determination of Antioxidant Capacity and Phenolics in Foods and Dietary Supplements. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, n. 10, p. 4290-4302, 2005.

RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICE-EVANS, C. Antioxidant activity applying an improved abts radical Cation decolorization assay. **Free Radical Biology & Medicine**, v. 26, n. 9/10, p. 1231–1237, 1999.

REISS, R.; JOHNSTON, J.; TUCKER, K.; DESESSO, J. M.; KEEN, C. L. Estimation of cancer risks and benefits associated with a potential increased consumption of fruits and vegetables. **Food and Chemical Toxicology**, v. 50, p. 4421-4427, 2012.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; DE BRITO, E. S.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURACALIXTO, F.; MANCINI-FILHO, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 nontraditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 121, p. 996–1002, 2010.

RYAN, L.; THONDRE, P. S.; HENRY, C. J. K. Oat-based breakfast cereals are a rich source of polyphenols and high in antioxidant potential. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 24, p. 929–934, 2011.

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

SAMPAIO, S. A.; BORA, P. S.; HOLSCHUH, H. J.; SILVA, S.M. Postharvest respiratory activity and changes in some chemical constituents during maturation of yellow mombin (*Spondias mombin*) fruit. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 3, p. 11-515, 2007.

SCALBERT, A., JOHNSTON, I.T., SALTMARSH, M. Polyphenols: antioxidants and beyond. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 81, p. 215–217, 2005.

SHAHIDI, F.; NACZK, M. **Phenolics in Food and Nutraceuticals: Sources, Applications and Health Effects**, CRC Press, Boca Raton, 2004.

SIES, H. Strategies of antioxidant defense. **European Journal of Biochemistry**, v. 215, p. 213 –219, 1993.

SILVA, P. S.; MENEZES, J. B.; OLIVEIRA, O. F.; SILVA, P. I. B. Distribuição do teor de sólidos solúveis totais no melão. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 1, p. 31-33, 2003.

SINGLETON, V.L.; ROSSI, J.A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 16, p. 144-158, 1965.

SOARES, S. E.; Ácidos fenólicos como antioxidantes. **Revista de Nutrição**, v. 15, n. 1, 2002.

SOUSA, C. M. M.; SILVA, H. R.; VIEIRA-JR, G. M.; AYRES, M. C. C.; COSTA, C. L. S.; ARAÚJO, D. S.; CAVALCANTE, L. C.; BARROS, E. D. S.; ARAÚJO, P. B. M.; BRANDÃO, M. S.. Fenóis totais e atividade antioxidante de cinco plantas medicinais. **Química Nova.**, v. 30, n. 2, p. 351-355, 2007.

SOUZA, V. R.; PEREIRA, P. A. P.; QUEIROZ, F.; BORGES, S. V.; CARNEIRO, J. D. S. Determination of bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Cerrado. **Food Chemistry**, v. 134, p. 381–386, 2012.

SROKA, Z., & CISOWSKI, W. Hydrogen peroxide scavenging, antioxidant and anti-radical activity of some phenolic acids. **Food and Chemical Toxicology**, v. 41, p. 753–758, 2003.

SUCUPIRA, N. R. **Avaliação da "carne" básica de caju (*Anacardium occidentale*, L.) submetida a diferentes métodos de cocção e aceitação sensorial de novos produtos.** Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Departamento de Tecnologia de Alimentos, 2012.

TEIXEIRA, J.; GASPAR, A.; GARRIDO, E. M; GARRIDO, J; BORGES, F. Hydroxycinnamic Acid Antioxidants: An Electrochemical Overview. **BioMed Research International**, v. 2013 p. 1-12, 2013.

VARGAS-SIMÓN, G.; HERNÁNDEZ-CUPIL, R.; MOGUEL-ORDOÑEZ, E. Caracterización morfológica de ciruela (*Spondias purpurea* L.) en tres municipios del estado de Tabasco, México. **Bioagro**, v. 23, n. 2, p. 141-149, 2011.

VIEIRA, R. F.; COSTA, T. S. A.; SILVA, D. B. DA; FERREIRA, F. R.; SANO, S. M. **Frutas nativas da região Centro-Oeste.** Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 320 p., 2006.

WANNAN, B. S. Analysis of generic relationships in *Anacardiaceae*. **Blumea**, v. 51, n. 1, p. 165–195, 2006.

XIE, L.; YE, X.; LIU, D. YING, Y. Prediction of titratable acidity, malic acid, and citric acid in bayberry fruit by near-infrared spectroscopy. **Food Research International**, v. 44, p. 2198–2204, 2011.

YAO, L. H.; JIANG, Y. M.; SHI, J.; TOMÁS-BARBERÁN, F. A.; DATTA, N.; SINGANUSONG, R.; CHEN, S. S. Flavonoids in food and their health benefits. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 59, p. 113–122, 2004.