http://journal.unoeste.br/index.php/cv
DOI: 10.5747/cv.2019.v11.n3.v265
ISSN on-line 1984-6436

Colloquium Vitae

Submetido: 3/09/2018 Revisado: 11/06/2019 Aceito: 26/09/2019

AVALIAÇÃO *IN VITRO* DO POTENCIAL ANTIOXIDANTE DOS EXTRATOS ETANÓLICOS DAS CASCAS DE *Spondias dulcis* Forst F. E *Spondias purpurea* L.

João Augusto Rizzo Câmara, Caroline de Souza Araujo, Lorrane Davi Brito, Karoline S. Rodrigues, Marcos Alberto Zocoler, Leandra Ernst Kerche

Universidade do Oeste Paulista – UNOESTE, Presidente Prudente, SP. e-mail: leakerche@unoeste.br

RESUMO

Entre as plantas utilizadas pelo homem como fonte alimentícia e medicamentosa estão as espécies *Spondias dulcis* Forst. F. e *Spondias purpurea* L. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a capacidade antioxidante dos extratos etanólicos das cascas da *S. dulcis* e *S. purpurea* em meio *in vitro* sem células. A avaliação foi realizada através da geração das espécies reativas hidroxila ($HO^{\bullet}$), peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e óxido nítrico ($NO^{\bullet}$) e avaliação da porcentagem de sequestro dessas espécies pelo extrato, e através da medida da capacidade antioxidante total, pelo teste do fosfomolibdênio. Os extratos apresentaram alta capacidade de sequestro dos radicais $HO^{\bullet}$ e $NO^{\bullet}$, e da espécie reativa H_2O_2, além de alta capacidade antioxidante total, quando comparados ao ácido ascórbico (vitamina C). Os extratos também apresentaram alta concentração de ácidos fenólicos em sua composição. Mais estudos estão sendo realizados para validar os efeitos terapêuticos destes extratos.

Palavras-chave: antioxidantes, espécies reativas, *Spondias*, componentes fenólicos, flavonoides.

IN VITRO EVALUATION OF BARK ETHANOLIC EXTRACTS OF *Spodias dulcis* Forst F. AND *Spondias purpurea* L. ANTIOXIDANT CAPACITY

ABSTRACT

Among the plants used for man as source of food and remedy, *Spondias dulcis* Forst F. and *Spondias purpurea* L. can be found. Therefore, the aim of this study was to evaluate the antioxidant capacity of the bark ethanolic extracts of *S. dulcis* and *S. purpurea* in *in vitro* media. The evaluation was performed by the generation of hydroxyl reactive species ($HO^{\bullet}$), hydrogen peroxide (H_2O_2) and nitric oxide ($NO^{\bullet}$) and assessment of the percentage of scavenger of these species by the extracts, and by the measurement of the total antioxidant capacity, by the phosphomolibdenium assay. The extracts showed high ability to scavenge $HO^{\bullet}$ and $NO^{\bullet}$ radicals and H_2O_2, and high total antioxidant capacity when compared to ascorbic acid (vitamin C). The extracts also showed high concentrations of phenolioc acids in their composition. More studies are being accomplished in order to validate the therapeutic effects of these extracts.

Keywords: antioxidants, reactive species, *Spondias*, phenolic compounds, flavonoids.

INTRODUÇÃO

O gênero *Spondias*, pertencente à família Anacardiaceae, possui de 14 a 20 espécies distribuídas mundialmente, e dentre estas, de 4 a 7 espécies são encontradas nas Américas. Na Ásia ocorre em torno de 10 espécies e há indicações de que esse gênero tenha se originado neste continente[1]. Do ponto de vista fitoquímico, as plantas membro da família Anacardiaceae são ricas em metabólitos secundários, em particular compostos fenólicos, com interessantes atividades biológicas[2].

No gênero *Spondias*, as espécies que merecem destaque são (i) cajá (*Spondias mombin*

Artigo Open Access sob uma licença CC BY-NC-ND (http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

L.), conhecida em certas regiões brasileiras como cajá, cajá-mirim ou taperebá, e em inglês conhecida como *yellow mombin*; (ii) seriguela ou *red mombin* (*S. purpurea* L.); (iii) umbu ou imbu (*S. tuberosa* Arr. Câmara); (iv) cajá-manga, ambarella, cajarana ou *golden apple* (*S. dulcis* Forst. F.); (v) duas espécies taxonomicamente indefinidas, mas consideradas híbridos naturais, cajá-umbu ou umbu-cajá (*S. mombin* x *S. tuberosa*) e umbuguela (*S. tuberosa* x *S. purpurea*)[3].

A espécie *Spondias dulcis* (*S. dulcis*) é uma planta equatorial de rápido crescimento, e que produz frutos comestíveis. Apesar da *S. dulcis* ser mais comumente utilizada como alimento, a casca é utilizada como remédio para diarreia[4], para infecções oculares[5], e o fruto é utilizado para curar coceiras, úlceras internas, dor de garganta e inflamações da pele[6]. Da polpa do fruto foi identificado um polissacarídeo que demonstrou aumentar a atividade de macrófagos peritoneais[7], e ainda um estudo envolvendo as folhas da *S. dulcis* mostrou que essa planta apresenta atividade antidiabética[8]. Shawakt et al.[9] demonstraram que as folhas e frutos da *S. dulcis* apresentam propriedades antimicrobianas, antioxidantes, citotóxicas e trombolíticas, mostrando-se como uma excelente fonte de material para uso humano.

A espécie *Spondias purpurea* (*S. purpurea*) é uma planta nativa das florestas semiáridas subtropicais da Mesoamérica (Figura 2). Conhecida como seriguela ou siriguela, e em inglês como *jocote*, seu nome deriva da palavra asteca '(ateya)xocotl', que significa fruta[2]. A *S. purpurea* produz frutos altamente degustáveis, e seus frutos e outras partes da planta têm sido utilizados no tratamento de várias doenças, como diarreia, úlceras, 'sapinho', disenteria e inchaços. Extratos aquoso e metanólico das folhas mostraram ter propriedades antibacterianas[10-13]. Extratos da casca da *S. purpurea* mostraram atividades antibacterianas, mas foram inativos contra os protozoários[14].

Apesar dos numerosos usos medicinais da seriguela, é surpreendente o fato de que as investigações fitoquímicas e biológicas sejam tão escassas. Os primeiros estudos investigando os compostos fenólicos na *S. purpurea*, indicaram uma riqueza de compostos fenólicos que concordam com as propriedades benéficas dessa planta[2].

O objetivo deste trabalho foi avaliar a capacidade antioxidante dos extratos etanólicos das cascas da *S. dulcis* e *S. purpurea* em meio *in vitro* sem células.

METODOLOGIA

Extrato vegetal

As cascas da *S. dulcis* e *S. purpurea* foram coletadas na Universidade do Oeste Paulista e as exsicatas foram depositadas no Herbário da Universidade Estadual de Maringá (PR, Brasil) sob no. HUEM 24319 e HUEM 31666, respectivamente.

As cascas passaram por um processo de secagem em uma estufa de circulação de ar QUIMIS®, a uma temperatura de 35°C, por um período de 10 dias. Após a secagem, as cascas foram pulverizadas em um moinho de facas TECNAL® e armazenadas em recipientes de vidro.

Os extratos brutos alcoólicos foram obtidos por maceração a frio das drogas vegetais (secas e moídas) em etanol 96 GL durante 9 dias e posteriormente filtrados. O solvente foi evaporado utilizando um rota-evaporador QUIMIS®. E os extratos foram então dissolvidos em água + *tween* até as concentrações finais de 50 mg/mL, 100 mg/mL e 150 mg/mL.

Atividade de sequestro de radicais hidroxila ($HO^{\bullet}$)

A atividade sequestradora de radicais $HO^{\bullet}$ dos extratos foi medida de acordo com Smirnoff e Cumbes[15], com modificações conforme Liu et al.[16]. Os radicais $HO^{\bullet}$ foram gerados a partir de $FeSO_4$ e H_2O_2, e detectados a partir de sua habilidade de hidroxilar o salicilato.

A mistura de 2 mL continha 0,5 mL de $FeSO_4$ (1,5 mM), 0,35 mL de H_2O_2 (6 mM), 0,15 mL de salicilato de sódio (20 mM), e 1 mL das três diferentes concentrações dos extratos de *S. dulcis* e *S. purpurea* (50, 100 e 150 mg/mL). ácido L-ascórbico (1000 µg/mL), vitamina C, foi utilizado como controle positivo e para comparação com as diferentes concentrações dos extratos de *S. dulcis* e *S. purpurea*.

Após incubação de 1h a 37°C, a absorbância do sacilitato hidroxilado foi medida espectrofotometricamente a 562 nm. A porcentagem de radicais sequestrados foi calculada assim:

$$\%HO^{\cdot}sequestrado = \left[1 - \frac{(A_1 - A_2)}{A_0}\right] x100,$$

onde A_1 é a absorbância da amostra dos extratos ou do ácido ascórbico, A_0 é absorbância do controle, e A_2 é a absorbância do branco sem o salicilato de sódio.

Artigo Open Access sob uma licença CC BY-NC-ND (http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

Atividade de sequestro de peróxido de hidrogênio (H_2O_2)

A capacidade de sequestro de H_2O_2 dos extratos foi medida de acordo com Liu et al.[16].

A mistura para as reações continha 1 mL de H_2O_2 (0,1 mM) preparado na hora, 1 mL das três diferentes concentrações dos extratos de *S. dulcis* e *S. purpurea* (50, 100 e 150 mg/mL), 0,1 mL de molibdato de amônio (3%), 10 mL de H_2SO_4 2M, e 7 mL de KI 1,8 M. Ácido L-ascórbico (1000 µg/mL), vitamina C, foi utilizado como controle positivo e para comparação com as diferentes concentrações dos extratos.

A mistura foi titulada contra 5 mM de $Na_2S_2O_3$ até a cor desaparecer. A atividade de sequestro foi calculada assim:

$$\%H_2O_2 sequestrado = \frac{(V_0 - V_1)}{V_0} x100,$$

onde V_0 é o volume da solução de $Na_2S_2O_3$ usada para titular a mistura controle e V_1 é o volume da solução de $Na_2S_2O_3$ usada para titular a mistura com as amostras e ácido ascórbico.

Atividade de sequestro do radical óxido nítrico ($NO^{\bullet}$)

O $NO^{\bullet}$ gerado a partir do nitroprussiato de sódio foi medido através do reagente Griess, pelo método de Marcocci et al.[17].

A mistura com volume final de 3 mL, contendo três diferentes concentrações dos extratos de *S. dulcis* e *S. purpurea* (50, 100 e 150 mg/mL) e nitroprussiato de sódio (5mM) em PBS, foi incubada a 25°C por 150 min. Após a incubação, amostras (0,5 mL) foram removidas e diluídas com 0,5 mL de reagente de Griess (1% sulfanilamida, 2% ácido *o*-fosfórico e 0,1% naftil-etilenodiamina). A absorbância do cromóforo formado foi medida a 546 nm, e a inibição da formação de $NO^{\bullet}$ foi estimada pela comparação entre os valores de absorbância da amostra com os extratos e do controle. Ácido L-ascórbico (1000 µg/ml), vitamina C, foi utilizado como controle positivo e para comparação com as diferentes concentrações dos extratos.

A atividade de sequestro será calculada assim:

$$\%NO^{\cdot} sequestrado = \left[1 - \frac{A_1}{A_2}\right] x100,$$

onde A_0 é a absorbância do controle, e A_1 a absorbância da amostra contendo os extratos ou ácido ascórbico.

Capacidade antioxidante total

A capacidade antioxidante total foi determinada de acordo com Pietro et al.[18].

As concentrações dos extratos de *S. dulcis* e *S. purpurea* (50, 100 e 150 mg/mL) foram adicionadas em um tubo tipo *Eppendorf* e misturadas a 1 mL de uma solução reagente contendo 0,6 M de H_2SO_4, 28 mM de NaH_2PO_4, e 0,4 mM de molibdato de amônio. Os tubos foram encapados com papel alumínio e incubados a 95°C por 90 min. A absorbância foi medida a 695 nm após as amostras esfriarem a temperatura ambiente. ácido L-ascórbico (1000 µg/ml), vitamina C, foi utilizado como controle positivo e para comparação com as diferentes concentrações dos extratos.

A capacidade antioxidante total foi calculada assim:

$$Capacidade\ antioxidante\ total\ (\%) = \left[1 - \frac{A_1}{A_2}\right] x100,$$

onde A_1 é a absorbância da amostra ou do ácido ascórbico, e A_0 a absorbância do controle.

Composição fenólica total

A composição fenólica total foi determinada utilizando o método descrito por Singleton e Rossi[19], com modificações. A curva de calibração foi preparada através da mistura da solução de ácido gálico (1 mL; 0,025-0,400 mg/mL) com 5 mL do reagente Folin-Ciocalteu (diluído dez vezes). A mistura foi incubada por 5 min antes da adição do carbonato de sódio (4 mL; 0,115 mg/mL). A absorbância foi medida a 765 nm. Extratos de 1 mL das plantas de *S. dulcis* e *S. purpurea* (50, 100 e 150 mg/mL) também foram misturados aos reagentes acima para determinação da composição fenólica total. Todas as determinações foram realizadas em triplicata. A composição total de compostos fenólicos nos extratos foi expressa como equivalentes de ácido gálico (GAE) mg/ml do extrato.

Determinação de flavonoides totais

A determinação de flavonoides totais foi realizada de acordo com o método descrito por Sakanaka et al.[20]. Brevemente, 0,25 mL dos extratos de *S. dulcis* e *S. purpurea* (50, 100 e 150 mg/mL) e 0,25 mL da solução padrão de rutina (flavonoide padrão) foram misturados com 1,25 mL de água destilada em um tubo tipo *Falcon*, seguido da adição de 75 µL de solução a 5% (v/v) de nitrito de sódio. Após 6 min, 150 µL de solução

Artigo Open Access sob uma licença CC BY-NC-ND (http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

a 10% (w/v) de cloreto de alumínio foi adicionada e a mistura descansará por 5 min antes de 0,5 mL de 1 M de NaOH ser adicionado. Foi adicionado à mistura 2,5 mL de água destilada e foi bem misturada. A absorbância foi medida imediatamente a 510 nm. Os resultados das amostras foram expressos como mg de rutina equivalentes. Todas as frações foram realizadas em triplicata.

Análise estatística

Todos os resultados foram expressos como média ± desvio padrão. Para todos os parâmetros avaliados, a análise estatística utilizada foi ANOVA uma via seguida pelo teste de Dunnett com $p<0,05$ no programa Graph Pad Prism 6.

RESULTADOS

Atividade de sequestro de radicais hidroxila ($HO^{\bullet}$)

Os extratos etanólicos da casca de *S. dulcis* e *S. purpurea* apresentaram altos índices de sequestro de radicais $HO^{\bullet}$. No caso do extrato de *S. dulcis*, a concentração mais efetiva foi a menor concentração, 50 mg/mL (93.81%), mostrando um efeito dose-inverso para esse extrato. Já o extrato de *S. purpurea* mostrou um aumento da capacidade de sequestro dos radicais $HO^{\bullet}$ de uma forma dose-dependente, sendo que na concentração de 150 mg/mL, o extrato de *S. purpurea* atingiu o seu máximo de sequestro, correspondendo a 87,5% da capacidade de sequestro do ácido ascórbico (Figura 1).

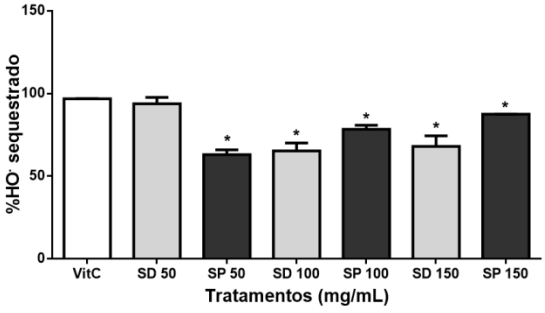


Figura 1. Capacidade de sequestro do radical hidroxila ($HO^{\bullet}$) por três concentrações (50, 100 e 150 mg/mL) dos extratos etanólicos da casca de *Spondias dulcis* e da *Spondias purpurea*. Os valores de absorbância foram convertidos em efeitos de sequestro (%) e os dados plotados como os valores das médias das triplicatas dos efeitos de sequestro (%) ± o desvio padrão. * $p<0,05$ em comparação ao controle positivo (vitamina C – 1mg/mL) (ANOVA e Dunnett).

Atividade de sequestro de peróxido de hidrogênio (H_2O_2)

A capacidade de três diferentes concentrações do extrato etanólico da casca da *S. dulcis* e da *S. purpurea* de sequestrar H_2O_2 foi comparado ao ácido ascórbico (vitamina C). Todas as diferentes concentrações foram capazes de sequestrar H_2O_2. O ácido ascórbico exibiu 100% de atividade de sequestro de H_2O_2, aproximadamente. A máxima atividade de sequestro de H_2O_2 para o extrato de *S. dulcis* aconteceu na concentração de 50 mg/mL, e correspondeu a 91,67% da atividade de sequestro da vitamina C. Para o extrato de *S. purpurea*, a máxima atividade de sequestro de H_2O_2 também aconteceu na concentração de 50 mg/mL, e correspondeu a 90,83% da atividade de sequestro da vitamina C (Figura 2).

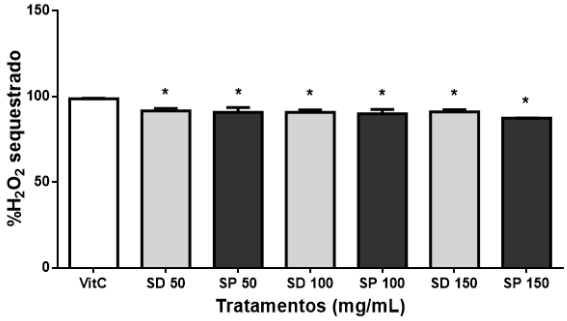


Figura 2. Capacidade de sequestro do peróxido de hidrogênio (H_2O_2) por três concentrações (50, 100 e 150 mg/mL) dos extratos etanólicos da casca de *Spondias dulcis* e da *Spondias purpurea*. Os valores de absorbância foram convertidos em efeitos de sequestro (%) e os dados plotados como os valores das médias das triplicatas dos efeitos de sequestro (%) ± o desvio padrão. * $p<0,05$ em comparação ao controle positivo (vitamina C – 1mg/mL) (ANOVA e Dunnett).

Atividade de sequestro do radical óxido nítrico ($NO^{\bullet}$)

O extrato de *S. dulcis* apresentou capacidade de sequestro dose-inverso, já que a menor concentração (50 mg/mL) apresentou a maior capacidade de sequestro de radicais $NO^{\bullet}$ (75,47%). O extrato de *S. purpurea* também apresentou capacidade de sequestro dose-dependente, e a maior concentração (150 mg/mL) apresentou a maior capacidade de sequestro (86,09%; Figura 3).

Artigo Open Access sob uma licença CC BY-NC-ND (http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

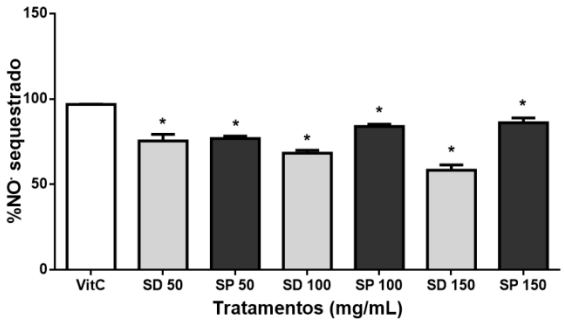


Figura 3. Capacidade de sequestro do radical óxido nítrico ($NO^{\bullet}$) por três concentrações (50, 100 e 150 mg/mL) dos extratos etanólicos da casca de *Spondias dulcis* e da *Spondias purpurea*. Os valores de absorbância foram convertidos em efeitos de sequestro (%) e os dados plotados como os valores das médias das triplicatas dos efeitos de sequestro (%) ± o desvio padrão. * p<0,05 em comparação ao controle positivo (vitamina C – 1mg/mL) (ANOVA e Dunnett).

Capacidade antioxidante total

O extrato da *S. dulcis* apresentou maior capacidade antioxidante total, com capacidade próxima à da vitamina C, e apresentando seu máximo com a concentração de 50 mg/mL, que correspondeu a 90,53% da capacidade antioxidante do ácido ascórbico. O extrato da *S. purpurea* apresentou seu máximo também com a concentração de 50 mg/mL, correspondendo a 81,75% da capacidade antioxidante da vitamina C (Figura 4).

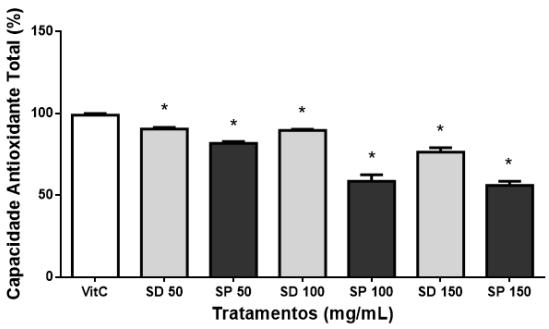


Figura 4. Capacidade antioxidante total de três concentrações (50, 100 e 150 mg/mL) do extrato etanólico da casca de *Spondias dulcis* e de *Spondias purpurea*. Os valores de absorbância foram convertidos em capacidade de redução do molibdênio (%) e os dados plotados como os valores das médias das triplicatas ± o desvio padrão. * p<0,05 em comparação ao controle positivo (vitamina C – 1mg/mL) (ANOVA e Dunnett).

Composição fenólica total

A determinação de fenóis totais baseou-se no doseamento de ácido gálico, indicado pela equação da reta. A equação obtida a partir do ácido gálico foi y = 0,007x + 0,0027, sendo y a média das absorbâncias das amostras. Além da equação da reta, obteve-se também o coeficiente de correlação linear (R^2) médio com valor de 0,9978, que confere linearidade ao método (Figura 5).

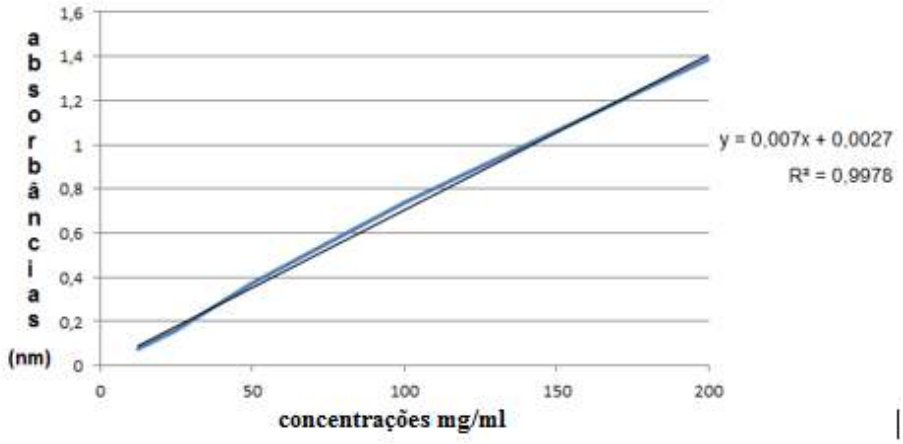


Figura 5. Curva analítica a partir do ácido gálico para determinação do teor de fenóis totais.

Artigo Open Access sob uma licença CC BY-NC-ND (http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

A quantidade de fenóis totais obtida nas amostras está descrita na tabela a seguir:

Tabela 1. Quantificação de fenóis totais presentes nos extratos etanólicos da casca de *S. dulcis* e *S. purpurea* na concentração de 50 mg/mL.

Extratos	**Teor de Fenóis** (mg/g)
Spondias dulcis	51,8% (518)
Spondias purpurea	66,1% (661)

Determinação de flavonoides totais

A determinação de flavonoides totais baseou-se na curva do doseamento de rutina. A equação da reta obtida foi y = 0,0154x – 0,0044, sendo y a média das absorbâncias das amostras. O coeficiente de correlação linear (R^2) médio encontrado foi 0,9926, o que confere linearidade ao método (Figura 6).

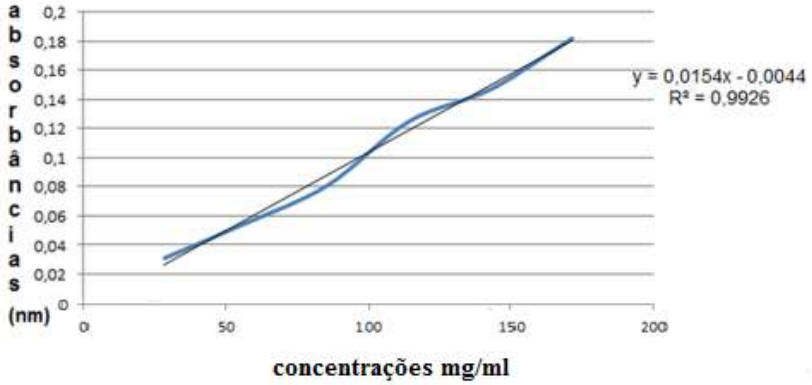


Figura 6. Curva analítica a partir da rutina para determinação de flavonoides totais.

A quantidade de flavonoides obtida nas amostras está descrita na tabela a seguir:

Tabela 2. Quantificação de fenóis totais presentes nos extratos etanólicos da casca de *S. dulcis* e *S. purpurea* na concentração de 50 mg/ml.

Extratos	**Teor de Fenóis** (mg/g)
Spondias dulcis	1,85% (18,5)
Spondias purpurea	0,88% (8,8)

DISCUSSÃO

Alguns compostos apresentam atividade antioxidante quando em sistemas biológicos, e essa atividade pode ser explicada através de vários mecanismos, incluindo atividade de sequestro de espécies reativas, ligação com íons de metais de transição que podem agir como agentes catalíticos, decomposição ou redução de peróxidos, abstração de hidrogênio e indução de enzimas oxidativas[21].

Muitos são os estudos para averiguação do poder antioxidante dos extratos de vários tipos de plantas[22], no entanto, para a *Spondias dulcis* (cajá-manga) e para a *Spondias purpurea* (seriguela), muito pouco tem sido explorado[23,24]. Islam et al.[9] estudaram o potencial antioxidante das frutas e folhas de *S. dulcis* através do teste de sequestro do DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidrazil) e da capacidade antioxidante total, e encontraram que de forma dose-dependente, esses extratos de *S. dulcis* apresentaram expressiva capacidade antioxidante. Silva[23] avaliou a capacidade antioxidante das cascas de frutas de *Spondias purpurea* também através do teste de sequestro do DPPH e encontrou um alto potencial antioxidante (74,41% de atividade quando comparado à rutina).

Substâncias com atividade antioxidante podem ajudar a prevenir ou remover danos oxidativo causados por espécies reativas, que podem causar injúria celular[25]. Entre as espécies reativas, o radical $HO^{\bullet}$ é o mais deletério ao organismo, causando danos ao DNA, RNA, às proteínas, lipídios e membranas celulares do núcleo mitocondrial. O H_2O_2 é pouco reativo frente às moléculas orgânicas na ausência de metais de transição, porém durante o estresse oxidativo é capaz de transpor as membranas celulares e facilmente gerar o radical $HO^{\bullet}$ [26].

Artigo Open Access sob uma licença CC BY-NC-ND (http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

Os radicais $NO^{\bullet}$ são altamente deletérios, pois são capazes de interagir com os radicais ânions superóxido criando peroxinitritos, e estes podem interagir com lipídios, DNA e proteínas, causando injúrias oxidativas[27]. O presente estudo mostra que os extratos etanólico das cascas de *S. dulcis* e *S. purpurea* apresentaram a capacidade de sequestrar essas espécies altamente reativas e potencialmente deletérias aos sistemas biológicos de forma direta (radicais hidroxil e óxido nítrico) e indireta (radicais hidroxil através do peróxido de hidrogênio).

A presença dos compostos fenólicos em plantas tem sido altamente estudada por conta de suas propriedades nutricionais e farmacológicas, e também por prevenirem a lipoperoxidação. Caracterizam-se por apresentarem um anel benzênico, um grupamento carboxílico e um ou mais grupamentos de hidroxila e/ou metoxila na molécula, o que confere a essas moléculas propriedades antioxidantes[28].

Os antioxidantes fenólicos funcionam como sequestradores de radicais e também podem funcionar como quelantes de metais[29]. Os produtos intermediários, formados pela ação destes antioxidantes, são relativamente estáveis devido à ressonância do anel aromático apresentado por estas substâncias[30]. Os compostos fenólicos e alguns de seus derivados são altamente eficazes para prevenir o sequestro de radicais livres e a lipoperoxidação, e a presença em grandes quantidades destes compostos nos extratos de *S. dulcis* e *S. purpurea* explicam os resultados apresentados neste trabalho de sequestro de espécies reativas.

Os flavonoides constituem um largo grupo de compostos polifenólicos que são encontrados em diversas plantas, e o consumo de alimentos ricos em flavonoides está associado com a redução do risco de várias doenças crônicas, e os efeitos protetores estão altamente ligados às suas propriedades antioxidantes[24].

Conforme Castilla[31], os flavonoides apresentam a capacidade de inibir a peroxidação lipídica, atuando como sequestradores de ânions superóxido e radicais hidroxila. Propõe-se que os flavonoides interrompam as reações dos radicais livres ao doar átomos de hidrogênio ao radical peroxila, formando um radical flavonoide.

As concentrações de flavonoides encontradas nos extratos de *S. dulcis* e *S. purpurea* também explicam a alta capacidade antioxidante destes extratos, evidenciada neste trabalho como sequestro dos radicais $HO^{\bullet}$ e $NO^{\bullet}$, e da espécie reativa H_2O_2.

Os resultados apresentados permitem concluir que os extratos etanólicos das cascas de *Spondias dulcis* e *Spondias purpurea* são uma solução rica em ácidos fenólicos com alta capacidade de sequestro de espécies reativas e alta capacidade antioxidante. Esses extratos devem ser melhor investigados, já que este estudo sugere que esses extratos apresentam propriedades terapêuticas para doenças relacionadas a estresse oxidativo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem grande à Universidade do Oeste Paulista pelo financiamento deste estudo.

CONFLITO DE INTERESSES

Os autores declaram que não há conflito de interesses.

REFERÊNCIAS

1. Bachelier JB, Endress PK. Comparative floral morphology and anatomy of Anacardiaceae and Burseraceae (Sapindales), with a special focus on gynoecium structure and evolution. Bot J Linn Soc. 2009;159:499-571. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.2009.00959.x

2. Engels C, Gräter D, Esquivel P, Jiménez VM, Gänzle MG, Schieber A. Characterization of phenolic compounds in jocote (*Spondias purpurea* L.) peels by ultra high-performance liquid chromatography/electrospray ionization mass spectrometry. Food Res Int. 2012;46:557-562. DOI: http://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.04.003

3. Silva Jr. JF, Bezerra JEF, Lederman IE, Alves MA, Melo Neto ML. Collecting, ex situ conservation and characterization of cajá-umbu (*Spondias mombin* x *Spondias tuberosa*) germplasm in Pernambuco State, Brazil. Genet. Resour Crop Evol. 2004;51:343-349. DOI: https://doi.org/10.1023/B:GRES.0000023462.99118.00

4. Morton JF. Fruits of warm climates. 1.ed. Miami: Florida Flair Books; 1987.

5. Rahmatullah M, Ferdausi D, Mollik AV, Taufiq-Ur, Rahman M, Jahan R, Mollik MAH, et al.

Artigo Open Access sob uma licença CC BY-NC-ND (http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

Ethnomedical survey of bheramara area in Kushtia district, Bangladesh. Am-Eurasian J Sustain Agric. 2009;3:534-541.

6. Wiart C. Medicinal plants of Asia and the Pacific. 1.ed. New York: CRC Press; 2006.

7. Sarker MR, Nimmi I, Kawsar H. Preliminary screening of six popular fruits of Bangladesh for *in vitro* IgM production and proliferation of splenocytes. Bangladesh Pharm J. 2012;15:31-37.

8. Jantan N. *In vitro* antidiabetic of Cemumar (*Micromelum pubescens*), Tebengau (*Ehretia laevis*) and Kedongong (*Spondias dulcis*) leaves extract. 1 ed. Malaysia: School of Bioprocess Engineering, University Malaysia Perlis; 2010.

9. Islam SM, Ahmed KhT, Manik MK, Wahid MA, Kamal CS. A comparative study of the antioxidant, antimicrobial, cytotoxic and thrombolytic potentials of the fruits and leaves of *Spondias dulcis*. Asian Pac J Trop Biomed. 2013;3:682-691. DOI: https://doi.org/10.1016/S2221-1691(13)60139-2

10. Ayoka AO, Akomolafe RO, Akinsomisoye OS, Ukponmwan OE. Medicinal and economic value of *Spondias mombim*. Afr J Biomed Res. 2008;11:129-136.

11. Bernhardt E. Medicinal plants of Costa Rica. 1 ed. Costa Rica: Zona Tropical Publications; 2008.

12. Agra MF, de Freias PF, Barbosa-Filho JM. Sypopsis of the plants known as medicinal and poisonous in Northeast of Brazil. Braz J Pharmacog. 2007;17:114-140. DOI: https://dx.doi.org/10.1590/S0102-695X2007000100021

13. Baraona-Cockrell M. Jocote, anona y cas: Tres frutas campesinas de América. 1.ed. Costa Rica: EUNA; 2000.

14. Gachet MS, Lecaro JS, Kaiser M, Brun R, Navarrete H, Muñoz RA, et al. Assessment of anti-protozoal activity of plants traditionally used in Ecuador in the treatment of leishmaniasis. J Ethnopharmacol. 2010;128:184-197. DOI: https://dx.doi.org/10.1016/j.jep.2010.01.007

15. Smirnoff N, Cumbes QJ. Hydroxyl radical scavenging activity of compatible solutes. Phytochemistry 1989;28:1057-1060. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/0031-9422(89)80182-7

16. Liu W, Wang H, Pang X, Yao W, Gao X. Characterization and antioxidant activity of two low-molecular-weight polyssacharides purified from the fruiting bodies of *Ganoderma lucidum*. Int J Biol Macromol. 2010;46:451-457. DOI: https://dx.doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2010.02.006

17. Marcocci L, Maguire JJ, Droy-Lefaix MT, Packer L. The nitric oxide radical scavenging properties of *Gingko biloba* extract EGb 761. Biochem Biophys Res Commun. 1994;201:748-755. DOI: https://dx.doi.org/10.1006/bbrc.1994.1764

18. Prieto P, Pineda M, Aguilar M. Spectrophotometric quantitation of antioxidante capacity through the formation of a phosphomolybdenum complex: specific application to the determination of vitamin E. Ann Biochem. 1999;269:337-341. DOI: https://dx.doi.org/10.1006/abio.1999.4019

19. Singleton VL, Rossi JA. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. Am J Enol Viticult. 1996;16:144-153.

20. Sakanaka S, Tachibana Y, Okada Y. Preparation and antioxidant properties of extracts of Japanese persimmon leaf tea (*kakinoha-cha*). Food Chem. 2005;89:569-575. DOI: https://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.03.013

21. Kerche-Silva LE, Cavalcante DGSM, Danna CS, Gomes AS, Carrara IM, Cecchini AL, et al. Free-radical scavenging properties and cytotoxic activity evaluation of latex C-serum from *Hevea brasiliensis* RRIM 600. Free Radic Antioxid. 2017;7:107-114. DOI: https://dx.doi.org/10.5530/fra.2017.1.16

22. Souza MSB, Vieira LM, Lima A. Fenólicos totais e capacidade antioxidante *in vitro* de resíduos de polpas e frutas tropicais. Braz J Food Technol. 2001;14:202-210. DOI: https://dx.doi.org/10.4260/BJFT2011140300024

Artigo Open Access sob uma licença CC BY-NC-ND (http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

23. Silva RV. Extrato dos frutos de *Spondias purpurea* L. como princípio ativo para formulação fitocosmética fotoprotetora. [Dissertação]. Feira de Santana: Universidade Estadual de Feira de Santana, 2015.

24. da Silva GA, de Brito NJN, dos Santos ECG, López JÁ, Almeida MG. Gênero *Spondias*: aspectos botânicos, composição química e potencial farmacológico. BioFarm. 2014;10:27-41.

25. Gupta J, Gupta A, Gupta AK. Extraction and identification of flavonoid natural antioxidant in the leaves of *Rauwolfia serpentine*. Int J Chem Stud. 2015;3:35-37. DOI: https://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.10027.90403

26. Barreiros ALBS, David JM, David JP. Estresse oxidativo: relação entre geração de espécies reativas e defesa do organismo. Quím Nova 2006;29:113-126. DOI: https://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422006000100021

27. Pacher P, Beckman JS, Liaudet L. Nitric oxide and peroxynitrite in health and disease. Physiol Rev. 2007;87:315-424. DOI: https://dx.doi.org/10.1152/physrev.00029.2006

28. Soares SE. Ácidos fenólicos como antioxidants. Rev Nutr PUCCAMP 2002;15:71-79.

29. Merlin N, Karling M, Morales RGF, Oldoni TLC. Potencial antioxidante e perfil de compostos fenólicos em plantas com indicativo medicinal. Synergismus scyentifica UTFPR. 2017;12:94-101.

30. Nawar WW. Lipids. In: Fennema OR. Food Chemistry. 2.ed. New York: Marcel Dekker, 1985, p. 135-244.

31. Castilla P, Echarri R, Dávalos A, Cerrato F, Ortega H, Teuel JL, et al. Concentrated red grape juice exerts antioxidant, hypolipidemic, and antiinflammatory effects in both hemodialysis patients and healthy subjects. Am J Clin Nutr. 2006;84:252-262. DOI: https://dx.doi.org/10.1093/ajcn/84.1.252

Artigo Open Access sob uma licença CC BY-NC-ND (http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).