

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE AGRONOMIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

ALINE MEDEIROS ALVES

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA, COMPOSTOS
BIOATIVOS E CAPACIDADE ANTIOXIDANTE DE FRUTAS
NATIVAS DO CERRADO**

Goiânia
2013

ALINE MEDEIROS ALVES

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA, COMPOSTOS
BIOATIVOS E CAPACIDADE ANTIOXIDANTE DE FRUTAS
NATIVAS DO CERRADO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Goiás, como exigência para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientadora:

Prof^a Dr^a Maria Margareth Veloso Naves

Goiânia
2013

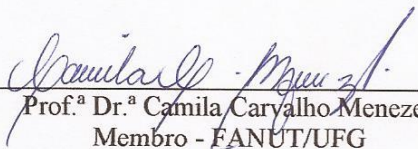


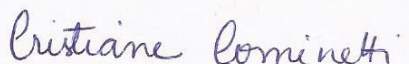
**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

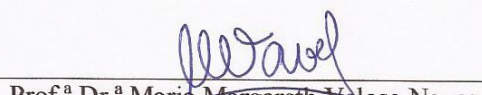
ALINE MEDEIROS ALVES

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA,
COMPOSTOS BIOATIVOS E CAPACIDADE
ANTIOXIDANTE DE FRUTAS NATIVAS DO CERRADO**

Dissertação DEFENDIDA e APROVADA em 28 de fevereiro de 2013,
pela Banca Examinadora constituída pelos membros:


Prof.ª Dr.ª Camila Carvalho Menezes
Membro - FANUT/UFG


Prof.ª Dr.ª Cristiane Cominetti
Membro - FANUT/UFG


Prof.ª Dr.ª Maria Margareth Veloso Naves
Orientadora - FANUT/UFG

À todos que me ajudaram a obter mais essa conquista.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela oportunidade de evolução, pela força e saúde, e pelas bênçãos diárias.

Aos meus pais, Doracino Alves e Rosangela Medeiros, pelo amor incondicional, pelo exemplo de caráter e pelo incentivo nos momentos mais importantes da minha vida. Meu eterno amor, gratidão e respeito.

Ao meu irmão, Hugo Medeiros Alves, pelo carinho e amizade.

Ao meu namorado, Diego Cesar Santos, pelo amor, força e compreensão.

À todos os meus familiares, pelo incentivo e por sempre acreditarem em mim.

À Prof^a Dr^a Maria Margareth Veloso Naves, pela oportunidade de orientação, pelo aprendizado, e principalmente, pela confiança e respeito.

À Prof^a Dr^a Neuza Mariko Aymoto Hassimotto (Faculdade de Ciências Farmacêuticas-USP), por sua paciência e pela valorosa orientação nas análises de ácido ascórbico, flavonoides e ORAC.

Ao Prof. Dr. Heleno Dias Ferreira (ICB/UFG), pela identificação do material botânico.

Ao Prof. Dr. Ronaldo Veloso Naves (EA/UFG), pelo auxílio na coleta das frutas e pelo exemplo de simplicidade.

À todos os docentes do Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, pelos ensinamentos.

Ao técnico Tiago Dias, pelas orientações fundamentais para realização das análises no LANAAL-FANUT/UFG.

Às técnicas Tânia Shiga, Lucia Helena Justino e Marcia Nascimento, e às colegas Laís Moro e Virgínia Facundo, pela atenção e apoio nas análises realizadas no Laboratório de Química, Bioquímica e Biologia Molecular de Alimentos (FCF/USP).

À equipe do Fundo de Fomento à Mineração (GO), pelas análises de minerais.

Às amigas e colegas de mestrado, Pamela Cristina, Thays Borges, Lara Bueno e Lucidarce da Matta, pela força e pela amizade.

À Engenheira de Alimentos Camila Cheker, pelo imenso apoio em todos os momentos desta trajetória e por sua amizade sincera.

Às nutricionistas e amigas, Thaís Fernandes, Thalita Lin, Déborah Leal, Karinne Valadares e Izabel Lucena, pelos momentos de estudo, descontração, força e amizade, e por estarem sempre dispostas a ajudar-me.

Às acadêmicas de nutrição da FANUT/UFG Maressa Stephanie Ovidio, Suleyma Costa, Patrícia Rocha, Mayara Gabrielly Gomes, pelo imenso apoio nas análises químicas e pelos ótimos momentos no laboratório.

À amiga Daniela Torralbo, pelo acolhimento maravilhoso em São Paulo. Muito obrigada pelo carinho e atenção.

À grande amiga, Daniela Canuto, pelo carinho e amizade, e pelo incentivo e companheirismo nos momentos difíceis.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de pós-graduação, e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro.

À todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

O Cerrado (Savana Brasileira) possui uma variedade de frutas nativas que não foram suficientemente estudadas em relação às suas propriedades químicas e funcionais. Por isso, este estudo teve o objetivo de analisar a composição centesimal e de minerais, determinar o conteúdo de ácido ascórbico total e de fenólicos totais, estimar a capacidade antioxidante, por diferentes métodos (ABTS, DPPH, FRAP, ORAC), e identificar e quantificar o teor de flavonoides de cagaita, caju-do-cerrado e gabirola (resíduo e polpa). Tais frutas nativas possuem altos teores de umidade e fibra alimentar, baixa densidade energética e concentrações consideráveis de ferro. A gabirola apresentou os maiores teores de ácido ascórbico total (polpa - 61,49 mg.100g⁻¹ peso fresco - PF) e de fenólicos totais (resíduo - 1787,65 mg AGE.100g⁻¹ PF e polpa - 1222,59 mg AGE.100g⁻¹ PF), e a maior capacidade antioxidante, em todos os métodos, em relação às demais frutas. Entretanto, todas as frutas apresentaram concentração importante de compostos bioativos, quando comparadas com outras frutas nativas brasileiras. Correlações elevadas e significativas ($r \geq 0,97$; $p < 0,05$) foram observadas entre o conteúdo de ácido ascórbico total e de compostos fenólicos totais e a capacidade antioxidante, pelos diferentes métodos. Além disso, a capacidade antioxidante das frutas apresentou forte correlação entre os métodos ABTS, DPPH, FRAP e ORAC ($r \geq 0,95$; $p < 0,05$). Derivados de quercetina foram detectados na cagaita (1,94 mg.100g⁻¹ PF) e no caju-do-cerrado (0,55 mg.100g⁻¹ PF), e conteúdos relevantes de catequina (resíduo - 44,70 mg.100g⁻¹ PF e polpa - 23,32 mg.100g⁻¹ PF) foram constatados na gabirola. Assim, as frutas nativas do Cerrado podem ser consideradas fontes interessantes de antioxidantes naturais, especialmente a gabirola, por apresentar alto teor de compostos fenólicos e elevada capacidade antioxidante, indicando perspectivas promissoras para o aproveitamento integral deste fruto em diferentes sistemas alimentares.

Palavras-chave: *Eugenia dysenterica* DC, *Anacardium othonianum* Rizz., *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg, composição química, vitamina C, fenólicos totais, atividade antioxidante.

ABSTRACT

Physical and chemical characterization, bioactive compounds and antioxidant capacity of native fruits from Cerrado

The Cerrado (Brazilian Savanna) has a variety of native fruits that have not been enough studied regarding their chemical and functional properties. For this reason, this study aimed to analyze the proximate and mineral compositions, determine the total ascorbic acid and total phenolic contents, estimate the antioxidant capacity by different methods (ABTS, DPPH, FRAP, ORAC), and identify and quantify the amount of flavonoids of cagaita, cerrado cashew and gabioba (residue and pulp). These native fruits have high moisture and dietary fiber contents, low energy density and considerable iron concentrations. Gabioba showed the highest content of total ascorbic acid (pulp - 61.49 mg.100g⁻¹ fresh weight - FW) and total phenolics (residue - 1787.65 mg GAE.100g⁻¹ FW and pulp - 1222.59 mg GAE.100g⁻¹ FW), and the highest antioxidant capacity by all methods, in relation to the other fruits. However, all fruits presented important concentration of bioactive compounds when compared to other native Brazilian fruits. The correlations between total ascorbic acid content and total phenolic compounds and antioxidant capacity, by all methods, were high and significant ($r \geq 0.97$, $p < 0.05$). Furthermore, the antioxidant capacity of the fruits showed strong correlation among the methods ABTS, DPPH, FRAP and ORAC ($r \geq 0.95$, $p < 0.05$). Quercetin derivatives were detected in cagaita (1.94 mg.100g⁻¹ FW) and cerrado cashew (0.55 mg.100g⁻¹ FW), and relevant contents of catechin (residue - 44.70 mg.100g⁻¹ FW and pulp - 23.32 mg.100g⁻¹ FW) were found in gabioba. Thus, native fruits from the Cerrado can be regarded as interesting sources of natural antioxidants, especially gabioba, due to its high phenolic compounds content and antioxidant capacity, which indicates promising prospects for the utilization of the whole fruit in different food systems.

Keywords: *Eugenia dysenterica* DC, *Anacardium othonianum* Rizz., *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg, chemical composition, vitamin C, total phenolic, antioxidant activity.

LISTA DE TABELAS

PARTE 2	29
ARTIGO CIENTÍFICO 1	30
Tabela 1. Características físicas de frutos de gabirobeira (<i>C. adamantium</i>) nativa do Cerrado.....	37
Tabela 2. Composição centesimal e valor energético total da polpa e resíduo de gabiropa (<i>C. adamantium</i>).....	37
Tabela 3. Composição em minerais da polpa e resíduo de gabiropa (<i>C. adamantium</i>).....	39
ARTIGO CIENTÍFICO 2	45
Tabela 1. Umidade, conteúdo de ácido ascórbico total e de fenólicos totais das partes comestíveis de frutas nativas do Cerrado.....	52

LISTA DE FIGURAS

PARTE 1	12
Figura 1. Frutas nativas do Cerrado. Da esquerda para direita, cagaita (<i>Eugenia dysenterica</i> DC), caju-do-cerrado (<i>Anacardium othonianum</i> Rizz.) e gabioba (<i>Campomanesia adamantium</i> (Cambess.) O. Berg).....	16
Figura 2. Estrutura química dos principais flavonoides encontrados em frutas.....	19
 PARTE 2	29
ARTIGO CIENTÍFICO 1	30
Figura 1. Conteúdo de compostos fenólicos totais e capacidade antioxidante, pelo método ABTS, da polpa e resíduo de gabioba (<i>C. adamantium</i>).....	40
 ARTIGO CIENTÍFICO 2	45
Figura 1. Capacidade antioxidante das partes comestíveis de frutas nativas do Cerrado avaliada pelos métodos DPPH, FRAP e ORAC, e os coeficientes de correlação de Pearson entre eles.....	54
Figura 2. Correlação de Pearson ($p < 0,05$) entre o conteúdo de ácido ascórbico total e fenólicos totais e a capacidade antioxidante das partes comestíveis de frutas nativas do Cerrado, avaliada pelos métodos DPPH, FRAP e ORAC.....	56
Figura 3. Cromatogramas obtidos em 270 nm, e conteúdo de flavonoides ¹ das partes comestíveis de frutas nativas do Cerrado, analisados por CLAE-DAD.....	58

SUMÁRIO

PARTE 1	12
1 INTRODUÇÃO GERAL.....	13
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	15
2.1 FRUTAS NATIVAS DO CERRADO.....	15
2.2 COMPOSTOS BIOATIVOS EM FRUTAS.....	17
2.3 RADICAIS LIVRES E ANTIOXIDANTES.....	19
2.4 DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE ANTIOXIDANTE <i>IN VITRO</i>	21
REFERÊNCIAS.....	23
 PARTE 2	29
ARTIGO CIENTÍFICO 1.....	30
RESUMO.....	31
ABSTRACT.....	32
1 INTRODUÇÃO.....	33
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	34
2.1 AQUISIÇÃO DOS FRUTOS E PROCESSAMENTO DAS AMOSTRAS.....	34
2.2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA.....	34
2.3 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL E DE MINERAIS.....	34
2.4 PREPARO DOS EXTRATOS.....	35
2.5 DETERMINAÇÃO DE FENÓLICOS TOTAIS.....	35
2.6 DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE ANTIOXIDANTE - MÉTODO ABTS (2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolina) 6-ácido sulfônico).....	36
2.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	36
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
4 CONCLUSÕES.....	41
AGRADECIMENTOS.....	42
REFERÊNCIAS.....	42
 ARTIGO CIENTÍFICO 2.....	45
RESUMO.....	46

1	INTRODUÇÃO.....	47
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	48
2.1	MATERIAL E PREPARAÇÃO DA AMOSTRA.....	48
2.2	REAGENTES QUÍMICOS.....	48
2.3	DETERMINAÇÃO DE ÁCIDO ASCÓRBICO TOTAL (VITAMINA C).....	49
2.4	PREPARO DOS EXTRATOS DAS FRUTAS.....	49
2.5	DETERMINAÇÃO DE FENÓLICOS TOTAIS.....	49
2.6	DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE ANTIOXIDANTE.....	50
2.6.1	Método DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazila).....	50
2.6.2	Método FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power).....	50
2.6.3	Método ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity).....	50
2.7	EXTRAÇÃO E DETERMINAÇÃO DE FLAVONOIDES POR CLAE- DAD.....	51
2.8	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	51
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	52
4	CONCLUSÕES.....	58
	AGRADECIMENTOS.....	59
	REFERÊNCIAS.....	59
	 PARTE 3	 63
	CONCLUSÃO GERAL.....	64

PARTE 1

1 INTRODUÇÃO GERAL

O bioma Cerrado apresenta uma ampla diversidade em sua flora, incluindo frutas nativas com características sensoriais e nutricionais peculiares e com grande potencial de utilização tecnológica, que são tradicionalmente consumidas e comercializadas *in natura* ou sob a forma de doces, sucos, sorvetes e licores. Dentre essas frutas, a cagaita (*Eugenia dysenterica* DC), o caju-do-cerrado (*Anacardium othonianum* Rizz.) e a gabioba (*Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg) possuem um teor elevado de umidade e de fibra alimentar, baixo valor energético, e têm sido investigadas como fontes alternativas de substâncias antioxidantes, assim como outras frutas nativas brasileiras (ALMEIDA et al., 2011; PEREIRA et al., 2012; SILVA et al., 2008; SOUZA et al., 2012).

A riqueza de nutrientes é um dos principais fatores que conduzem ao interesse crescente pelo consumo dessas frutas e dos seus produtos (RUFINO et al., 2010), uma vez que estudos epidemiológicos indicam que a ingestão frequente de frutas pode reduzir os efeitos causados pelo estresse oxidativo, e consequentemente, reduzir o risco de surgimento de várias enfermidades, como as doenças cardiovasculares e alguns tipos de câncer (CROWE et al., 2011; JOSHIPURA et al., 2009; WOOTTON-BEARD; RYAN, 2011). Esse efeito protetor é atribuído à variedade de substâncias antioxidantes presentes nas frutas, como algumas vitaminas (vitaminas C e E), compostos fenólicos (flavonoides) e carotenoides (β -caroteno) (GAWLIK-DZIKI, 2012; VETRANI et al., 2012).

Considerando a grande variedade de substâncias antioxidantes existente, em especial os compostos fenólicos, diversos métodos foram desenvolvidos para avaliar a capacidade antioxidante de frutas. Estes métodos diferem-se em relação ao mecanismo de reação, às espécies-alvo, às condições reacionais e à forma de expressar os resultados. Alguns destes determinam a capacidade dos antioxidantes em sequestrar radicais livres, e outros avaliam a eficiência dos antioxidantes em inibir a peroxidação lipídica (ALVES et al., 2010). Entretanto, não existe um procedimento universal, o que sugere a necessidade de avaliar a capacidade antioxidante por diferentes métodos, com mecanismos de reação distintos (HUANG; OU; PRIOR, 2005; OLIVEIRA et al., 2009; PÉREZ-JIMÉNEZ et al., 2008).

O conhecimento do conteúdo de compostos bioativos e da capacidade antioxidante de frutas nativas do Cerrado visa agregar valor comercial e industrial a estas frutas, contribuir com a conservação desse bioma e propor alternativas nutricionais para ciência dos alimentos, garantindo a segurança alimentar, e para saúde da população, reduzindo os efeitos deletérios

provocados pelos radicais livres (OLIVEIRA et al., 2009). Diante desses fatores, este estudo teve o objetivo de caracterizar a composição química e o conteúdo de compostos bioativos de cagaita, caju-do-cerrado e gabioba, bem como estimar a capacidade antioxidante dessas frutas nativas.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 FRUTAS NATIVAS DO CERRADO

O Cerrado possui uma variedade de espécies frutíferas ricas em nutrientes distintos e com características sensoriais peculiares, muito utilizadas na alimentação humana, *in natura* ou sob a forma de sucos, licores, sorvetes e doces, e na medicina popular, com propriedades anti-inflamatória, hepatoprotetora, antimicrobiana e laxativa (FERREIRA et al., 2013; LIMA et al., 2010; LUIZ-FERREIRA et al., 2010). Além disso, estudos recentes têm demonstrado que essas frutas possuem diferentes compostos bioativos com ação antioxidante, o que é de potencial interesse para a população e para a agroindústria (CARDOSO et al., 2011a; PEREIRA et al., 2012; ROCHA et al., 2011; SOUZA et al., 2012).

Dentre as frutas nativas do Cerrado, destaca-se a cagaita (*Eugenia dysenterica* DC) (Figura 1), um fruto globoso, de coloração amarela, contendo de uma a três sementes brancas, recobertas por uma polpa levemente ácida. Além do sabor único, a polpa desta fruta possui baixo valor energético ($29,83 \text{ kcal.100g}^{-1}$), contém um teor de vitamina C de 34 mg.100g^{-1} (CARDOSO et al., 2011a), e um conteúdo de compostos fenólicos totais de $111 \text{ mg AGE.100g}^{-1}$ (ROCHA et al., 2011). Na medicina popular, a polpa de cagaita é muito utilizada no tratamento de constipações intestinais crônicas em função de suas propriedades laxativas (LIMA et al., 2010).

O caju-do-cerrado (*Anacardium othonianum* Rizz.) (Figura 1) é outra espécie frutífera de grande importância econômica para a região central do Cerrado. Esta fruta é constituída pelo fruto verdadeiro e pelo pseudofruto. O fruto verdadeiro, conhecido como castanha-de-caju, é comumente consumido torrado e salgado, e o pseudofruto, quando maduro, apresenta coloração variando do amarelo ao vermelho escuro, e polpa amarelada (CORREA et al., 2008; MARTINS; CUNHA; SILVA, 2008). O pseudofruto contém um elevado teor de umidade, baixa densidade energética e uma concentração de fibra alimentar significativa em relação a outras frutas nativas do Cerrado (SILVA et al., 2008). Outrossim, possui um conteúdo de compostos fenólicos totais de $197 \text{ mg AGE.100g}^{-1}$ (ROCHA et al., 2011).



Figura 1. Frutas nativas do Cerrado. Da esquerda para direita, cagaita (*Eugenia dysenterica* DC), caju-do-cerrado (*Anacardium othonianum* Rizz.) e gabioba (*Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg).

Fonte: Autora da presente dissertação (2013).

A gabioba (*Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg), também conhecida como guabioba, guabioba-do-campo e guavira (Figura 1), pertence à família Myrtaceae, que inclui 130 gêneros e cerca de 4000 espécies. A gabirobeira é de ampla distribuição no Cerrado e pode ser encontrada em vários estados brasileiros, com maior concentração no estado de Goiás. O seu período de frutificação ocorre de setembro a dezembro, podendo se estender até fevereiro (VALLILO et al., 2006). Assim como a cagaita e o caju-do-cerrado, a gabioba apresenta baixa densidade energética ($47,36 \text{ kcal.100g}^{-1}$), em função do elevado teor de umidade e baixo conteúdo de lipídios (SILVA et al., 2008). Estudos realizados com frutos inteiros de gabioba indicam a presença de quantidades consideráveis de vitamina C e compostos fenólicos totais (PEREIRA et al., 2012; ROCHA et al., 2011; VALLILO et al., 2006). Entretanto, dados relacionados ao potencial antioxidante das partes comestível e não comestível dessa fruta são escassos. Apesar da pouca exploração industrial e comercial da gabioba, seus frutos são bastante consumidos pelas comunidades da região (FREITAS; CÂNDIDO; SILVA, 2008; VALLILO et al., 2008). Na medicina popular, folhas e frutos de gabirobeira são utilizados para o tratamento de doenças inflamatórias e perda de peso (DICKEL; RATES; RITTER, 2007; KLAFKE et al., 2010).

Em estudos com outras frutas do Cerrado, como araçá, marolo, jenipapo, murici, graviola e maracujá-do-cerrado, os autores observaram a presença relevante de nutrientes distintos e substâncias antioxidantes frente ao elevado teor de umidade e baixo valor energético total apresentado pelas frutas (DAMIANI et al., 2011; SOUZA et al., 2012). Sendo assim, o conhecimento do valor nutricional e funcional de frutas nativas, como a cagaita, o caju-do-cerrado e a gabioba, é fundamental para fornecer uma maior variedade de nutrientes e compostos bioativos para a população. Além disso, pode aumentar a produtividade e a

disponibilidade destas frutas no mercado e, conseqüentemente, contribuir para conservação do bioma Cerrado.

2.2 COMPOSTOS BIOATIVOS EM FRUTAS

As frutas são consideradas fontes importantes de macro e micronutrientes, mas também possuem outros compostos com propriedades bioativas, que promovem benefícios adicionais à saúde e protegem o corpo humano contra diferentes doenças crônicas, como obesidade, diabetes mellitus, dislipidemias, hepatopatias e cânceres (DEMBITSKY et al., 2011; DEVALARAJA; JAIN; YADAV, 2011; WOOTTON-BEARD; RYAN, 2011). Segundo a Resolução RDC nº. 2, de 07 de janeiro de 2002, os compostos bioativos compreendem, além dos nutrientes, substâncias não-nutrientes, que possuem ação metabólica ou fisiológica específica (BRASIL, 2002). Dentre esses compostos, aqueles com ação antioxidante, como as vitaminas e os compostos fenólicos, têm atraído grande interesse por seus efeitos comprovados na proteção contra o estresse oxidativo (DAI; MUMPER, 2010; MALTA et al., 2012; NIKI, 2010).

A vitamina C, ou ácido ascórbico, é uma substância hidrossolúvel e termolábil, encontrada principalmente em alimentos de origem vegetal, como as frutas. O teor desta vitamina nas frutas pode variar significativamente conforme as espécies, condições de plantio, tipo e frequência de irrigação, utilização de defensivos agrícolas, estágio de maturação, manuseio pós-colheita e condições de estocagem e processamento (CARDOSO et al., 2011b; CELLI; PEREIRA-NETTO; BETA, 2011). Assim, o conteúdo e a estabilidade do ácido ascórbico nas frutas podem ser utilizados como indicativo da qualidade nutricional e do estado de conservação desses alimentos (VALENTE et al., 2011).

Além disso, a vitamina C desempenha importantes funções para a nutrição humana, como formação de tecido conjuntivo, produção de hormônios e anticorpos, biossíntese de aminoácidos e atividade antioxidante (OLIVEIRA; GODOY; PRADO, 2012; PÉNICAUD et al., 2010). No organismo, o ácido ascórbico é comumente encontrado na forma de ascorbato, o qual é formado após a transferência de um elétron da molécula de ácido ascórbico. Este radical é capaz de converter as espécies reativas de oxigênio e nitrogênio em substâncias pouco reativas. Por causa dessa propriedade, muitos autores têm evidenciado que a ingestão diária de frutas está associada à redução do risco de desenvolvimento de várias enfermidades,

como doenças cardiovasculares e neurológicas e alguns tipos de câncer (FISK II et al., 2011; WCRF; AICR, 2007; WOOTTON-BEARD; RYAN, 2011).

Existem vários métodos para identificar e quantificar o conteúdo de ácido ascórbico em frutas, mas a técnica mais recomendada é a cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), pois fornece resultados rápidos, sensíveis e reprodutivos (CHEBROLU et al., 2012; OLIVEIRA; GODOY; PRADO, 2012). Valente et al. (2011) analisaram o teor de ácido ascórbico em 26 frutas exóticas pelo método de CLAE, e constataram que 12 destas frutas fornecem mais de 30% da Ingestão Diária Recomendada de vitamina C, de 90 mg para os homens e de 75 mg para as mulheres (IOM, 2006). Além disso, relatam que o método de CLAE é mais rápido e sensível.

Em relação aos compostos fenólicos, sabe-se que estes são metabólitos secundários de plantas, e apresentam em sua estrutura química um anel aromático tendo um ou mais grupos hidroxila, podendo assim variar de uma simples molécula fenólica a um polímero complexo de alto peso molecular. Os compostos fenólicos se enquadram em diversas categorias, conforme o número de anéis aromáticos e os elementos estruturais que se ligam a esses anéis. Os principais grupos são: fenólicos simples, ácidos hidroxibenzóicos, ácidos hidroxicinâmicos, ácidos fenilacéticos, flavonoides, estilbenos, taninos condensados, lignanas e ligninas. Os flavonoides constituem o maior grupo, com mais de 4000 compostos identificados, classificados em flavonas (apigenina, luteolina), flavonóis (quercetina, miricetina), catequinas ou flavanóis (epicatequina, galocatequina), flavanonas (naringenina, hesperitina), antocianinas (cianidina e pelargonidina), isoflavonas (genisteína, daidzeína) e chalconas. Os flavonoides são conhecidos como os principais responsáveis pela capacidade antioxidante em frutas, por causa do elevado potencial de oxidação e redução de sua estrutura química (Figura 2), que lhes permite atuar como agentes redutores e como quelante de metais (IGNAT; VOLF; POPA, 2011).

Os compostos fenólicos, em geral, são encontrados em frutas, hortaliças, vinhos, ervas, chás, cacau e soja. No entanto, o teor de compostos fenólicos nos alimentos também pode variar conforme a região de plantio, tipo de solo, exposição solar, índice pluviométrico e estágio de maturação (MARTINS et al., 2011).

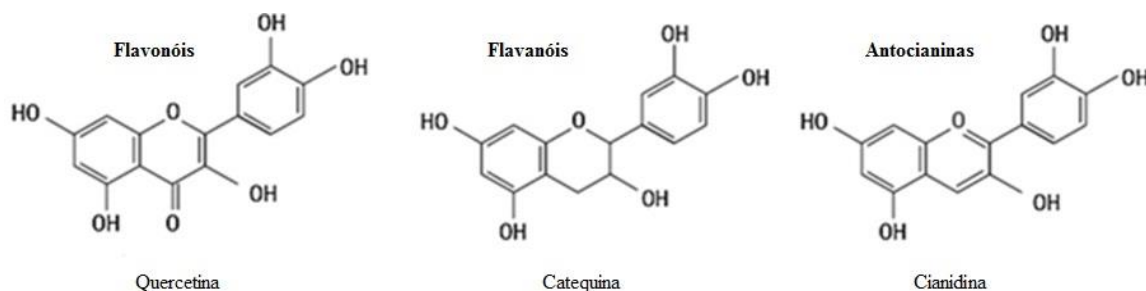


Figura 2. Estrutura química dos principais flavonoides encontrados em frutas.

Fonte: Adaptado de Ignat, Volf e Popa (2011).

É válido destacar que o conteúdo de compostos bioativos está fortemente correlacionado com a capacidade antioxidante de frutas, sendo que amostras com maior teor de compostos bioativos apresentam maior capacidade antioxidante, como constatado por Canuto et al. (2010), em estudo com quinze frutas da região Amazônica. No referido estudo, o conteúdo de ácido ascórbico e de compostos fenólicos totais correlacionou-se de forma positiva e elevada com a capacidade antioxidante das frutas analisadas. Rufino et al. (2010) relataram correlação significativa entre o conteúdo de ácido ascórbico e de fenólicos totais e a capacidade antioxidante de dezoito frutas tropicais brasileiras. Em outro estudo realizado com frutas do Cerrado, os autores também observaram forte correlação entre o conteúdo de ácido ascórbico e de fenólicos totais e a capacidade antioxidante (SOUZA et al., 2012). Assim, o teor de ácido ascórbico e de compostos fenólicos são bons indicadores da capacidade antioxidante da grande maioria das frutas.

2.3 RADICAIS LIVRES E ANTIOXIDANTES

Os radicais livres são moléculas instáveis, geradas no organismo por reações de oxidação-redução, e apresentam um número ímpar de elétrons pareados na última camada eletrônica, o que lhes confere alta reatividade. Dentre os radicais livres e demais espécies reativas, destacam-se o oxigênio singlete, o superóxido, o radical hidroxila, o peróxido de hidrogênio, o radical peroxila e o óxido nítrico. A formação desses radicais é determinada por fatores ambientais e biológicos, como exposição à luz ultravioleta, raios-X e raios gama, tabagismo, poluição, medicamentos e produtos químicos. Vale acrescentar que a produção desses radicais é um processo natural, contudo oferece risco à saúde quando produzidos em excesso e os

mecanismos de defesa são incapazes de neutralizá-los (CERQUEIRA; MEDEIROS; AUGUSTO, 2007; WANG et al., 2011).

As descobertas dos efeitos deletérios dos radicais livres sobre as células e sua relação com certas doenças impulsionaram a busca por novas substâncias capazes de prevenir ou minimizar os danos oxidativos às células (ALVES et al., 2010). O estresse oxidativo decorre da existência de um desequilíbrio entre a produção de compostos oxidantes e a ação do sistema de defesa antioxidante, em favor da geração excessiva de radicais livres, ou em detrimento da velocidade de remoção desses (BARBOSA et al., 2010). Tal processo pode danificar o núcleo das células, resultando em mutações e subsequente carcinogênese; promover a oxidação protéica, com perda da função de proteínas, como as enzimas; e induzir à peroxidação lipídica, formando os hidroperóxidos que podem causar alterações na estrutura e na função das membranas celulares (LOPACZYNSKI; ZEISEL, 2001).

A peroxidação lipídica nas membranas celulares constitui uma das principais consequências do estresse oxidativo, a qual se inicia com a ação dos radicais livres sobre os ácidos graxos insaturados (NIKI et al., 2005). Há evidências de que o consumo regular de alimentos ricos em compostos bioativos, como as frutas e hortaliças, diminui a peroxidação lipídica e, provavelmente, reduz o risco de morte por doenças cardiovasculares e cânceres (OUDE GRIEP et al., 2010; PRIOR, 2003; WCRF; AICR, 2007). Gong et al. (2010) investigaram os efeitos da rutina, um flavonoide amplamente encontrado nos alimentos, contra a apoptose de células endoteliais humana induzida por hidroperóxidos, e sugeriram que este composto inibiu a apoptose das células, reduziu a produção de hidroperóxidos e aumentou a atividade de enzimas antioxidantes, como a glutathione peroxidase. Assim, o controle e a diminuição da produção de radicais livres e dos danos provocados por eles estão intimamente relacionados à atuação de substâncias antioxidantes, como o ácido ascórbico e os compostos fenólicos.

O sistema de defesa antioxidante é constituído por várias substâncias antioxidantes, que retardam significativamente ou inibem os danos provocados pela oxidação nas células vegetais e animais (PRIOR, 2003; SOUSA et al., 2007; VASCONCELOS et al., 2007). Tais substâncias podem ter origem endógena, como as enzimas glutathione peroxidase, catalase e superóxido dismutase, ou alimentar, como algumas vitaminas e minerais, e os compostos fenólicos. Os principais mecanismos de ação destas substâncias incluem a captura de radicais livres, a neutralização ou eliminação de espécies reativas de oxigênio e nitrogênio, e a ligação de íons metálicos a outros compostos, tornando-os indisponíveis para a produção de espécies oxidantes (CERQUEIRA; MEDEIROS; AUGUSTO, 2007).

2.4 DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE ANTIOXIDANTE *IN VITRO*

Considerando a diversidade de substâncias antioxidantes presentes em uma matriz alimentar, vários métodos têm sido desenvolvidos para estimar a capacidade antioxidante *in vitro* dessas substâncias. Os métodos amplamente empregados em frutas são: capacidade de sequestro de radicais livres, como o ABTS (2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolina) 6-ácido sulfônico) e o DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazila), capacidade de redução do íon férrico (Ferric Reducing Antioxidant Power - FRAP) e capacidade de absorção de radicais de oxigênio (Oxygen Radical Absorbance Capacity - ORAC). A falta de padronização desses métodos dificulta as comparações entre dados publicados por diferentes grupos de pesquisas, principalmente pelo uso de diferentes solventes e pelas maneiras distintas de expressar os resultados. Além disso, variações no complexo antioxidante de uma matriz alimentar podem fornecer respostas diferentes em cada método. Por isso, recomenda-se a combinação de pelo menos dois desses métodos para fornecer resultados mais completos e representativos da capacidade antioxidante de frutas (PÉREZ-JIMÉNEZ et al., 2008).

O método DPPH envolve os mecanismos de transferência de elétrons e de átomos de hidrogênio, e fundamenta-se na capacidade dos antioxidantes em reduzir o radical DPPH•, com mudança simultânea na coloração (de violeta para amarelo). Este método é considerado um dos mais simples, precisos e reprodutivos, muito utilizado para frutas, extratos de plantas e substâncias puras (NIKI, 2010; SHARMA; BHAT, 2009).

A capacidade antioxidante equivalente ao Trolox (TEAC), ou método ABTS, envolve o mesmo mecanismo de reação do método DPPH, e consiste na capacidade dos antioxidantes em eliminar o radical $ABTS^{•+}$, que tem sua absorbância reduzida à medida que reage com os antioxidantes. Este método pode ser aplicado para antioxidantes lipossolúveis e hidrossolúveis, sob a forma de compostos puros ou amostras de alimentos (HUANG; OU; PRIOR, 2005; VASCONCELOS et al., 2007). Apesar do radical $ABTS^{•+}$ não ser tão estável quanto o radical DPPH•, a simplicidade e rapidez do método tem atraído o interesse de investigadores (NENADIS et al., 2004).

O método FRAP, ou capacidade de redução do íon férrico, é baseado no mecanismo de transferência de elétrons, e avalia a capacidade dos antioxidantes em reduzir o complexo ferritripiridiltriazina (Fe^{3+} -TPTZ) [2,4,6-tri(2-piridil)-1,3,5-triazina] a ferroso-tripiridiltriazina (Fe^{2+} -TPTZ), em pH ácido. O complexo Fe^{2+} -TPTZ tem uma cor azul intensa e pode ser monitorado em espectrofotômetro a 595 nm. Este método é econômico, o procedimento é direto e rápido, não requer equipamentos especializados e os resultados são reprodutíveis

(NIKI, 2010). Thaipong et al. (2006) avaliaram a capacidade antioxidante de quatro cultivares de goiaba, pelos métodos ABTS, DPPH, FRAP e ORAC, e observaram que FRAP foi a técnica mais reprodutível e a que apresentou maior correlação com o conteúdo de fenólicos totais e vitamina C.

O método que avalia a capacidade de absorção de radicais de oxigênio, ou método ORAC, consiste no mecanismo de transferência de átomos de hidrogênio. Inicialmente, radicais peroxila são formados a partir do dicloreto de 2,2'-azobis (2-amidinopropano) (AAPH) e, em seguida, esses radicais interagem com a fluoresceína formando um produto não fluorescente, que pode ser determinado por espectrofotometria. Porém, substâncias antioxidantes podem reagir com os radicais peroxila pela transferência de hidrogênio, retardando a perda da fluorescência. Assim, a capacidade antioxidante de uma substância é mensurada pelo decaimento da fluorescência (HUANG; OU; PRIOR, 2005). Os resultados do método ORAC possuem uma maior relevância para sistemas biológicos pelo fato do radical peroxila ser comumente encontrado nesses sistemas. Este método é indicado para antioxidantes hidrofílicos e lipofílicos, e tem sido aplicado na indústria de suplementos alimentares (DÁVALOS; GÓMEZ-CORDOVÉS; BARTOLOMÉ, 2004).

Os métodos *in vitro* de avaliação da capacidade antioxidante têm se tornado importantes ferramentas pela crescente busca por novos antioxidantes naturais, com perspectivas de aplicação nas indústrias de alimentos, cosméticos, farmacêutica, e na prática clínica, contribuindo para promoção de saúde e redução do risco de doenças (ALVES et al., 2010; VASCONCELOS et al., 2007). Diante da escassez de dados relacionados ao potencial antioxidante de frutas nativas do Cerrado, e da importância de estudos sobre o conteúdo de compostos bioativos e a capacidade antioxidante dessas frutas, justifica-se a necessidade de mais pesquisas sobre o tema.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M. M. B.; SOUSA, P. H. M.; ARRIAGA, A. M. C.; PRADO, G. M.; MAGALHÃES, C. E. C.; MAIA, G. A.; LEMOS, T. L. G. Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh exotic fruits from northeastern Brazil. **Food Research International**, Essex, v. 44, n. 7, p. 2155-2159, 2011.
- ALVES, C. Q.; DAVID, J. M.; DAVID, J. P.; BAHIA, M. V.; AGUIAR, R. M. Métodos para determinação de atividade antioxidante *in vitro* em substratos orgânicos. **Química Nova**, São Paulo, v. 33, n. 10, p. 2202-2210, 2010.
- BARBOSA, K. B. F.; COSTA, N. M. B.; ALFENAS, R. C. G.; PAULA, S. O.; MINIM, V. P. R.; BRESSAN, J. Estresse oxidativo: conceito, implicações e fatores modulatórios. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 23, n. 4, p. 629-643, 2010.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 2, de 02 de janeiro de 2002**. Aprova o regulamento técnico de substâncias bioativas e probióticos isolados com alegação de propriedades funcional e ou de saúde. Brasília, DF: ANVISA, 2002. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/2002/02_02rdc.htm>. Acesso em: 10 jan. 2013.
- CANUTO, G. A. B.; XAVIER, A. A. O.; NEVES, L. C.; BENASSI, M. T. Caracterização físico-química de polpas de frutos da Amazônia e sua correlação com a atividade anti-radical livre. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 4, p. 1196-1205, 2010.
- CARDOSO, L. M.; MARTINO, H. S. D.; MOREIRA, A. V. B.; RIBEIRO, S. M. R.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M. Cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.) of the Cerrado of Minas Gerais, Brazil: physical and Chemical characterization, carotenoids and vitamins. **Food Research International**, Essex, v. 44, n. 7, p. 2151-2154, 2011a.
- CARDOSO, P. C.; TOMAZINI, A. P. B.; STRINGHETA, P. C.; RIBEIRO, S. M. R.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M. Vitamin C and carotenoids in organic and conventional fruits grown in Brazil. **Food Chemistry**, Barking, v. 126, n. 2, p. 411-416, 2011b.
- CELLI, G. B.; PEREIRA-NETTO, A. B.; BETA, T. Comparative analysis of total phenolic content, antioxidant activity, and flavonoids profile of fruits from two varieties of Brazilian cherry (*Eugenia uniflora* L.) throughout the fruit developmental stages. **Food Research International**, Essex, v. 44, n. 8, p. 2442-2451, 2011.
- CERQUEIRA, F. M.; MEDEIROS, M. H. G.; AUGUSTO, O. Antioxidantes dietéticos: controvérsias e perspectivas. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 2, p. 441-449, 2007.
- CHEBROLU, K. K.; JAYAPRAKASHA, G. K.; YOO, K. S.; JIFON, J. L.; PATIL, B. S. An improved sample preparation method for quantification of ascorbic acid and dehydroascorbic acid by HPLC. **LWT - Food Science and Technology**, London, v. 47, n. 2, p. 443-449, 2012.
- CORREA, G. C.; NAVES, R. V.; ROCHA, M. R.; CHAVES, L. J.; BORGES, J. D. Determinações físicas em frutos e sementes de baru (*Dipteryx alata* Vog.), cajuzinho (*Anacardium othonianum* Rizz.) e pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.), visando melhoramento genético. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 24, n. 4, p. 42-47, 2008.

CROWE, F. L.; RODDAM, A. W.; KEY, T. J.; APPLEBY, P. N.; OVERVAD, K.; JAKOBSEN, M. U.; TJØNNELAND, A.; HANSEN, L.; BOEING, H.; WEIKERT, C.; LINSEISEN, J.; KAAKS, R.; TRICHOPOULOU, A.; MISIRLI, G.; LAGIOU, P.; SACERDOTE, C.; PALA, V.; PALLI, D.; TUMINO, R.; PANICO, S.; BUENO-DE-MESQUITA, H. B.; BOER, J.; VAN, G. C. H.; BEULENS, J. W.; BARRICARTE, A.; RODRÍGUEZ, L.; LARRAÑAGA, N.; SÁNCHEZ, M. J.; TORMO, M. J.; BUCKLAND, G.; LUND, E.; HEDBLAD, B.; MELANDER, O.; JANSSON, J. H.; WENNBERG, P.; WAREHAM, N. J.; SLIMANI, N.; ROMIEU, I.; JENAB, M.; DANESH, J.; GALLO, V.; NORAT, T.; RIBOLI, E. Fruit and vegetable intake and mortality from ischaemic heart disease: results from the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC)-Heart study. **European Heart Journal**, London, v. 32, n. 10, p. 1235-1243, 2011.

DAI, J.; MUMPER, R. J. Plant phenolics: extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties. **Molecules**, Basel, v. 15, n. 10, p.7313-7352, 2010.

DAMIANI, C.; VILAS BOAS, E. V. B.; ASQUIERI, E. R.; LAGE, M. E.; OLIVEIRA, R. A.; SILVA, F. A.; PINTO, D. M.; RODRIGUES, L. J.; SILVA, E. P.; PAULA, N. R. F. Characterization of fruits from the savanna: araçá (*Psidium guinnensis* Sw.) and marolo (*Annona crassiflora* Mart.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 31, n. 3, p. 723-729, 2011.

DÁVALOS, A.; GÓMEZ-CORDOVÉS, C.; BARTOLOMÉ, B. Extending applicability of the oxygen radical absorbance (ORAC) assay. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 52, n. 1, p. 48-54, 2004.

DEMBITSKY, V. M.; POOVARODOM, S.; LEONTOWICZ, H.; LEONTOWICZ, M.; VEARASILP, S.; TRAKTENBERG, S.; GORINSTEIN, S. The multiple nutrition properties of some exotic fruits: biological activity and active metabolites. **Food Research International**, Essex, v. 44, n. 7, p. 1671-1701, 2011.

DEVALARAJA, S.; JAIN, S.; YADAV, H. Exotic fruits as therapeutic complements for diabetes, obesity and metabolic syndrome. **Food Research International**, Essex, v. 44, n. 7, p. 1856-1865, 2011.

DICKEL, M. L.; RATES, S. M. K.; RITTER, M. R. Plants popularly used for losing weight purposes in Porto Alegre, South Brazil. **Journal of Ethnopharmacology**, Limerick, v. 109, n. 1, p. 60-71, 2007.

FERREIRA, L. C.; GRABE-GUIMARÃES, A.; PAULA, C. A.; MICHEL, M. C. P.; GUIMARÃES, R. G.; REZENDE, S. A.; SOUZA FILHO, J. D.; SAÚDE-GUIMARÃES, D. A. Anti-inflammatory and antinociceptive activities of *Campomanesia adamantium*. **Journal of Ethnopharmacology**, Limerick, v. 145, n. 1, p. 100-108, 2013.

FISK II, P. S.; MIDDAUGH, A. L.; RHEE, Y. S.; BRUNT, A. R. Few favorable associations between fruit and vegetable intake and biomarkers for chronic disease risk in American adults. **Nutrition Research**, New York, v. 31, n. 8, p. 616-624, 2011.

FREITAS, J. B.; CANDIDO, T. L. N.; SILVA, M. R. Geléia de gabioba: avaliação da aceitabilidade e características físicas e químicas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 38, n. 2, p. 87-94, 2008.

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

GONG, G.; QIN, Y.; HUANG, W.; ZHOU, S.; YANG, X.; LI, D. Rutin inhibits hydrogen peroxide-induced apoptosis through regulating reactive oxygen species mediated mitochondrial dysfunction pathway in human umbilical vein endothelial cells. **European Journal of Pharmacology**, Amsterdam, v. 628, n. 1-3, p. 27-35, 2010.

HUANG, D.; OU, B.; PRIOR, R. L. The chemistry behind antioxidant capacity assays: reviews. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 53, n. 6, p.1841-1856, 2005.

IGNAT, I.; VOLF, I.; POPA, V. I. A critical review of methods for characterisation of polyphenolic compounds in fruits and vegetables. **Food Chemistry**, Barking, v. 126, n. 4, p. 1821-1835, 2011.

IOM - Institute of Medicine. **Dietary Reference Intakes research synthesis: workshop summary**. Washington: The National Academies Press, 2006. 298 p.

JOSHIPURA, K. J.; HUNG, H. C.; LI, T. Y.; HU, F. B.; RIMM, E. B.; STAMPFER, M. J.; COLDITZ, G.; WILLETT, W. C. Intakes of fruits, vegetables and carbohydrate and the risk of CVD. **Public Health Nutrition**, Wallingford, v. 12, n. 1, p.115-121, 2009.

KLAFKE, J. Z.; SILVA, M. A.; PANIGAS, T. F.; BELLI, K. C.; OLIVEIRA, M. F.; BARICHELLO, M. M.; RIGO, F. K.; ROSSATO, M. F.; SANTOS, A. R. S.; PIZZOLATTI, M. G.; FERREIRA, J.; VIECILI, P. R. N. Effects of *Campomanesia xanthocarpa* on biochemical, hematological and oxidative stress parameters in hypercholesterolemic patients. **Journal of Ethnopharmacology**, Limerick, v. 127, n. 2, p. 299-305, 2010.

LIMA, T. B.; SILVA, O. N.; OLIVEIRA, J. T. A.; VASCONCELOS, I. M.; SCALABRIN, F. B.; ROCHA, T. L.; GROSSI-DE-SÁ, M. F.; SILVA, L. P.; GUADAGNIN, R. V.; QUIRINO, B. F.; CASTRO, C. F. S.; LEONARDECZ, E.; FRANCO, O. L. Identification of *E. dysenterica* laxative peptide: a novel strategy in the treatment of chronic constipation and irritable bowel syndrome. **Peptides**, New York, v. 31, n. 8, p. 1426-1433, 2010.

LOPACZYNSKI, W.; ZEISEL, S. H. Antioxidants, programmed cell death, and cancer. **Nutrition Research**, New York, v. 21, n. 1-2, p. 295-307, 2001.

LUIZ-FERREIRA, A.; ALMEIDA, A. N. A.; COLA, M.; BARBASTEFANO, V.; ALMEIDA, A. B. A.; BATISTA, L. M.; FARIAS-SILVA, E.; PELLIZZON, C. H.; HIRUMA-LIMA, C. A.; SANTOS, L. C.; VILEGAS, W.; BRITO, A. R. M. S. Mechanisms of the gastric antiulcerogenic activity of *Anacardium humile* St. Hil on ethanol-induced acute gastric mucosal injury in rats. **Molecules**, Basel, v. 15, n. 10, p. 7153-7166, 2010.

MALTA, L. G.; GHIRALDINI, F. G.; REIS, R.; OLIVEIRA, M. V.; SILVA, L. B.; PASTORE, G. M. *In vivo* analysis of antigenotoxic and antimutagenic properties of two Brazilian Cerrado fruits and the identification of phenolic phytochemicals. **Food Research International**, Essex, v. 49, n. 1, p. 604-611, 2012.

MARTINS, M. C. P.; CUNHA, T. L.; SILVA, M. R. Efeito das condições da desidratação osmótica na qualidade de passas de caju-do-cerrado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, supl., p. 158-165, 2008.

MARTINS, S.; MUSSATTO, S. I.; MARTÍNEZ-AVILA, G.; MONTANEZ-SAENZ, J.; AGUILAR, C. N.; TEXEIRA, J. A. Bioactive phenolic compounds: production and extraction by solid-state fermentation. A review. **Biotechnology Advances**, New York, v. 29, n. 3, p. 365-373, 2011.

NENADIS, N.; WANG, L.; TSIMIDOU, M.; ZHANG, H. Estimation of scavenging activity of phenolic compounds using the ABTS•+ assay. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 52, n. 15, p. 4669-4674, 2004.

NIKI, E. Assessment of antioxidant capacity *in vitro* and *in vivo*. **Free Radical Biology & Medicine**, New York, v. 49, n. 4, p. 503-515, 2010.

NIKI, E.; YOSHIDA, Y.; SAITO, Y.; NOGUCHI, N. Lipid peroxidation: mechanisms, inhibition, and biological effects. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, New York, v. 338, n. 1, p. 668-676, 2005.

OLIVEIRA, A. C.; VALENTIM, I. B.; GOULART, M. O. F.; SILVA, C. A.; BECHARA, E. J. H.; TREVISAN, M. T. S. Fontes vegetais naturais de antioxidantes. **Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 3, p. 689-702, 2009.

OLIVEIRA, R. G.; GODOY, H. T.; PRADO, M. A. Quantificação dos isômeros ácido L-ascórbico e ácido D-iso-ascórbico em geleias de frutas por cromatografia líquida de alta eficiência. **Química Nova**, São Paulo, v. 35, n. 5, p. 1020-1024, 2012.

OUDE GRIEP, L. M.; GELEIJNSE, J. M.; KROMHOUT, D.; OCKÉ, M. C.; VERSCHUREN, W. M. Raw and processed fruit and vegetable consumption and 10-year coronary heart disease incidence in a population-based cohort study in the Netherlands. **Plos One**, San Francisco, v. 5, n. 10, p. 1-6, 2010.

PÉNICAUD, C.; PEYRON, S.; BOHUON, P.; GONTARD, N.; GUILLARD, V. Ascorbic acid in food: development of a rapid analysis technique and application to diffusivity determination. **Food Research International**, Essex, v. 43, n. 3, p. 838-847, 2010.

PEREIRA, M. C.; STEFFENS, R. S.; JABLONSKI, A.; HERTZ, P. F.; RIOS, A. O.; VIZZOTTO, M.; FLÔRES, S. H. Characterization and antioxidant potential of Brazilian fruits from the Myrtaceae family. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 60, n. 12, p. 3061-3067, 2012.

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

PRIOR, R. L. Fruits and vegetables in the prevention of cellular oxidative damage. **American Journal of Clinical Nutrition**, New York, v. 78, suppl., p. 570S-578S, 2003.

ROCHA, W. S.; LOPES, R. M.; SILVA, D. B.; VIEIRA, R. F.; SILVA, J. P.; AGOSTINI-COSTA, T. S. Compostos fenólicos totais e taninos condensados em frutas nativas do cerrado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 4, p. 1215-1221, 2011.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F.; MANCINI-FILHO, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, Barking, v. 121, n. 4, p. 996-1002, 2010.

SHARMA, O. P.; BHAT, T. K. DPPH antioxidant assay revisited. **Food Chemistry**, Barking, v. 113, n. 4, p. 1202-1205, 2009.

SILVA, M. R.; LACERDA, D. B. C. L.; SANTOS, G. G.; MARTINS, D. M. O. Caracterização química de frutos nativos do Cerrado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 6, p. 1790-1793, 2008.

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. D.; BARROS, E. D. S.; ARAÚJO, P. B. M.; BRANDÃO, M. S.; CHAVES, M. H. Fenóis totais e atividade antioxidante de cinco plantas medicinais. **Química Nova**, São Paulo, 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 Brazilian fruits. **Food Chemistry**, Barking, v. 134, n. 1, p. 381-386, 2012.

THAIPONG, K.; BOONPRAKOB, U.; CROSBY, K.; CISNEROS-ZEVALLOS, L.; BYRNE, D. H. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 19, n. 6, p. 669-675, 2006.

VALENTE, A.; ALBUQUERQUE, T. G.; SANCHES-SILVA, A.; COSTA, H. S. Ascorbic acid content in exotic fruits: a contribution to produce quality data for food composition databases. **Food Research International**, Essex, v. 44, n. 7, p. 2237-2242, 2011.

VALLILO, M. I.; LAMARDO, L. C. A.; GABERLOTTI, M. L.; OLIVEIRA, E.; MORENO, P. R. K. Composição química dos frutos de *Campomanesia adamantium* (Cambessédes) O. BERG. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 4, p. 805-810, 2006.

VALLILO, M. I.; MORENO, P. R. H.; OLIVEIRA, E.; LAMARDO, L. C. A.; GARBELOTTI, M. L. Composição química dos frutos de *Campomanesia xanthocarpa* Berg-Myrtaceae. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, supl., p. 231-237, 2008.

VASCONCELOS, S. M. L.; GOULART, M. O. F.; MOURA, J. B. F.; MANFREDINI, V.; BENFATO, M. S.; KUBOTA, L. T. Espécies reativas de oxigênio e de nitrogênio, antioxidantes e marcadores de dano oxidativo em sangue humano: principais métodos analíticos para sua determinação. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 5, p. 1323-1328, 2007.

VETRANI, C.; COSTABILE, G.; DI MARINO, L.; RIVELLESE, A. A. Nutrition and oxidative stress: a systematic review of human studies. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, Basingstoke, 2012. doi:10.3109/09637486.2012.738651.

WANG, S.; MELNYK, J. P.; TSAO, R.; MARCONE, M. F. How natural dietary antioxidants in fruits, vegetables and legumes promote vascular health. **Food Research International**, Essex, v. 44, n. 1, p. 14-22, 2011.

WCRF; AICR - World Cancer Research Fund; American Institute for Cancer Research. Foods and drinks. In: _____. **Food, nutrition, physical activity, and the prevention of cancer: a global perspective**. Washington (DC): AICR, 2007. cap. 4, p. 66-196.

WOOTTON-BEARD, P. C.; RYAN, L. Improving public health?: the role of antioxidant-rich fruit and vegetable beverages. **Food Research International**, Essex, v. 44, n. 10, p. 3135-3148, 2011.

PARTE 2

ARTIGO CIENTÍFICO 1

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA, FENÓLICOS TOTAIS E CAPACIDADE ANTIOXIDANTE DA POLPA E RESÍDUO DE GABIROBA

Aline Medeiros Alves¹, Maressa Stephanie Ovidio Alves², Thaís de Oliveira Fernandes³, Ronaldo Veloso Naves⁴, Maria Margareth Veloso Naves⁵

¹ Mestranda em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia-GO, Brasil (amedeiros87@gmail.com).

² Graduanda em Nutrição, Faculdade de Nutrição, UFG, Goiânia-GO, Brasil (maressa.av@gmail.com).

³ Mestranda em Nutrição e Saúde, Faculdade de Nutrição, UFG (thaisfernandes.nut@gmail.com).

⁴ Doutor em Produção Vegetal, Docente da Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, UFG (ronaldo@agro.ufg.br).

⁵ Doutora em Ciência dos Alimentos, Docente da Faculdade de Nutrição, UFG (mnaves@fanut.ufg.br).

RESUMO

O Cerrado brasileiro possui uma riqueza de espécies frutíferas que ainda não foram suficientemente estudadas em relação às suas características físicas, químicas e funcionais. O presente estudo teve o objetivo de mensurar as características físicas de frutos de gabirobeira (massas da polpa, do resíduo - casca e semente - e do fruto, diâmetros longitudinal e transversal e rendimento de polpa), e analisar a composição centesimal e de minerais, o teor de compostos fenólicos totais e a capacidade antioxidante, pelo método ABTS, da polpa e do resíduo de gabiropa. As características físicas de maior variabilidade foram massa da polpa e do fruto, destacando-se o rendimento de polpa (46,24%). A polpa e o resíduo de gabiropa contêm altos teores de umidade e fibra alimentar e concentrações consideráveis de ferro. O resíduo de gabiropa apresentou maior conteúdo de compostos fenólicos (1787,65 mg AGE.100g⁻¹ peso fresco - PF) e capacidade antioxidante (197,13 µmol TE.g⁻¹ PF) em relação à polpa. Contudo, os valores constatados na polpa de gabiropa (1222,59 mg AGE.100g⁻¹ PF e 107,96 µmol TE.g⁻¹ PF, respectivamente) são superiores aos de muitas frutas consumidas tradicionalmente. O teor de fenólicos totais apresentou correlação elevada ($r= 0,9723$; $p<0,05$) com a capacidade antioxidante. Os resultados indicam perspectivas promissoras para o aproveitamento integral do fruto da gabirobeira, visto seu conteúdo apreciável de nutrientes e de compostos fenólicos, e sua elevada capacidade antioxidante.

Palavras-chave: *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg, composição química, compostos bioativos, atividade antioxidante.

ABSTRACT

Physical and chemical characterization, total phenolics and antioxidant capacity of the gabioba's pulp and residue

The Brazilian Cerrado has a wide range of fruit species that have not been sufficiently studied regarding their physical, chemical and functional characteristics. This study aimed to measure the physical characteristics of gabioba tree's fruits (mass of pulp, residue - peel and seed - and fruit, longitudinal and transverse diameters and pulp yield), and analyze the proximate and mineral compositions, total phenolic content and antioxidant capacity, by ABTS method, of the gabioba's pulp and residue. The physical characteristics of greatest variability were pulp and fruit mass, especially the pulp yield (46.24%). The gabioba's pulp and residue have high moisture and dietary fiber contents and considerable iron amounts. The gabioba's residue showed higher content of phenolic compounds (1787.65 mg GAE.100g⁻¹ fresh weight - FW) and antioxidant capacity (197.13 μ mol TE.g⁻¹ FW) than the pulp. However, the values observed in the gabioba's pulp (1222.59 mg GAE.100g⁻¹ FW and 107.96 μ mol TE.g⁻¹ FW, respectively) are higher than those of many fruits traditionally consumed. The total phenolic content showed a high correlation ($r = 0.9723$; $p < 0.05$) with antioxidant capacity. The results indicate promising prospects for the use of whole fruit of gabioba tree due to its appreciable content of nutrients and phenolic compounds, and its antioxidant capacity.

Keywords: *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg, chemical composition, bioactive compounds, antioxidant activity.

1 INTRODUÇÃO

A gabirobeira (*Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg) é uma planta de ampla distribuição no Cerrado, podendo ser encontrada em vários estados brasileiros, com maior concentração no estado de Goiás. Seu florescimento ocorre de agosto a novembro, e a frutificação, de setembro a dezembro, podendo se estender até fevereiro. O fruto da gabirobeira, a gabiropa, também conhecida como guabiropa, guabiropa-do-campo e guavira, caracteriza-se por ser um fruto arredondado, de coloração amarelo-esverdeada, constituído por uma casca fina e uma polpa esbranquiçada, envolvendo diversas sementes (VALLILO et al., 2006).

Quanto à composição nutricional, a gabiropa apresenta elevados teores de umidade e fibra alimentar, resultando em baixa densidade energética (cerca de 50 kcal.100g⁻¹), além de altas concentrações de potássio, fósforo, magnésio e ferro (SILVA et al., 2008; VALLILO et al., 2006). Ainda, contém quantidades apreciáveis de compostos bioativos, como o ácido ascórbico e os compostos fenólicos (PEREIRA et al., 2012; ROCHA et al., 2011), sugerindo uma boa capacidade antioxidante.

Estudos indicam que o consumo diário de frutas pode contribuir para promoção e redução do risco de diversas doenças, em decorrência do crescente reconhecimento do valor nutricional e terapêutico desses alimentos (JOSHIPURA et al., 2009; SOERJOMATARAM et al., 2010). Por outro lado, a busca por substâncias naturais biologicamente ativas e de baixo custo tem elevado o número de pesquisas com os subprodutos do processamento das frutas, como casca e semente, que são considerados fontes potenciais de nutrientes. Há relatos de que a concentração de nutrientes nos subprodutos das frutas é maior do que na polpa (IGNAT; VOLF; POPA, 2011). Dentre os compostos presentes nas frutas e nos seus subprodutos, aqueles com ação antioxidante têm despertado o interesse da comunidade científica, como alguns minerais e vitaminas e os compostos fenólicos.

A caracterização física e química de frutas nativas do Cerrado e seus subprodutos e a quantificação de compostos bioativos também contribuem para agregar valor e potencializar o uso comercial e industrial destas frutas, bem como para a conservação deste bioma. Sendo assim, este trabalho teve o objetivo de analisar as características físicas e químicas, o conteúdo de fenólicos totais e a capacidade antioxidante da polpa e do resíduo de gabiropa.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 AQUISIÇÃO DOS FRUTOS E PROCESSAMENTO DAS AMOSTRAS

Os frutos de *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg (*C. adamantium*) foram coletados na região central do estado de Goiás (16° 19' 37" a 16° 58' 5" S; 48° 57' 10" a 49° 13' 54" O), em áreas com vegetação típica dos Cerrados, no mês de novembro de 2011. O material estudado foi identificado e registrado no Herbário da Universidade Federal de Goiás, sob o número 47620.

Após a coleta, os frutos foram selecionados de acordo com a cor (amarelo-esverdeado) e a ausência de injúrias, e lavados em água corrente. Em seguida, os frutos foram despulpados em despulpadeira industrial 0.25 DF (Bonina, Itabuna, Brasil), com peneiras de 2,5 mm, para separar a polpa do resíduo (casca e semente). Posteriormente, as frações polpa e resíduo foram homogeneizadas, liofilizadas e trituradas até a obtenção de um pó fino (30-mesh). Após este processamento, as amostras foram embaladas a vácuo e armazenadas sob refrigeração, com luminosidade controlada, até o momento das análises químicas.

2.2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA

Para as análises físicas, 100 frutos *in natura* foram selecionados aleatoriamente. Com o auxílio de balança semi-analítica BG8000 (Gehaka, São Paulo, Brasil) e paquímetro digital 500-144B (Mitutoyo, São Paulo, Brasil), as seguintes variáveis físicas foram determinadas: massas do fruto, da polpa e do resíduo, e diâmetros longitudinal e transversal. O rendimento de polpa foi determinado pela relação entre a massa da polpa e a massa do fruto.

2.3 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL E DE MINERAIS

A composição centesimal das frações da gabioba foi determinada por meio das análises de: umidade (amostra fresca e liofilizada); nitrogênio total e sua conversão em proteína bruta utilizando-se o fator 6,25; cinzas; fibra alimentar total - solúvel e insolúvel (AOAC, 2002); e lipídios totais (BLIGH; DYER, 1959). O teor de carboidratos totais foi

estimado por diferença, subtraindo-se de cem os valores obtidos para umidade, proteínas, lipídios, cinzas e fibra alimentar total. A composição centesimal permitiu estimar o valor energético das amostras, considerando-se os fatores de conversão de Atwater, de 4, 4 e 9 kcal.g⁻¹ para proteína, carboidratos e lipídios, respectivamente.

As cinzas das amostras foram solubilizadas em ácido clorídrico concentrado para determinação dos teores dos minerais cálcio, ferro e zinco, por meio de espectrometria de absorção atômica, e os conteúdos de sódio e potássio, por emissão atômica, utilizando-se espectrômetro Analyst-200 (Perkin Elmer, Waltham, EUA) (AOAC, 2002).

2.4 PREPARO DOS EXTRATOS

A extração foi realizada homogeneizando-se 0,5 g de amostra liofilizada em 25 mL de metanol 70%, em agitador magnético RO 10 (IKA, Staufen, Alemanha), por 120 minutos a 4°C. O extrato obtido foi posteriormente filtrado em papel de filtro e acondicionado em frasco de vidro âmbar até o momento das análises (ABE; LAJOLO; GENOVESE, 2010). Este extrato foi utilizado para determinar o conteúdo de compostos fenólicos totais e a capacidade antioxidante.

2.5 DETERMINAÇÃO DE FENÓLICOS TOTAIS

O teor de compostos fenólicos totais foi determinado conforme procedimento descrito por Singleton e Rossi (1965), com modificações. Uma alíquota de 0,25 mL dos extratos foi misturada com 2,5 mL de água e 0,25 mL do reagente de Folin-Ciocalteu. Após 5 minutos à temperatura ambiente, 250 µL de solução de carbonato de sódio (10%) foram adicionados e a mistura mantida à temperatura ambiente, com luminosidade controlada, por 60 minutos. A absorbância a 725 nm foi determinada em espectrofotômetro UV/Visível V-630 (Jasco, Tokyo, Japão), e o conteúdo de fenólicos totais foi calculado por meio de curva padrão de ácido gálico (16 a 100 mg/L). Os resultados foram expressos em mg de ácido gálico equivalente por 100 g de peso fresco (mg AGE.100g⁻¹ PF).

2.6 DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE ANTIOXIDANTE - MÉTODO ABTS (2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolina) 6-ácido sulfônico)

A capacidade antioxidante equivalente ao Trolox foi estimada de acordo com procedimento proposto por Re et al. (1999), com algumas modificações. O radical ABTS^{•+} foi preparado a partir da reação de 7 mM de solução aquosa de ABTS com 140 mM de persulfato de potássio, deixando a mistura à temperatura ambiente por 16 horas, na ausência de luz. Em seguida, a solução de ABTS foi diluída com etanol para obter uma absorbância de $0,70 \pm 0,05$ a 734 nm. Alíquotas de 30 µL das amostras foram adicionadas a 3 mL da solução diluída de ABTS, e as absorbâncias da mistura foram registradas ao final de seis minutos. A capacidade antioxidante foi calculada utilizando-se curva padrão de Trolox (100 a 2000 µM) e suas respectivas porcentagens de inibição, e os resultados do ensaio foram expressos em µmol de Trolox equivalente por grama de peso fresco (µmol TE.g⁻¹ PF).

2.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

As análises foram realizadas em três replicatas e os resultados foram submetidos ao teste Kolmogorov-Smirnov para testar a normalidade dos dados, e ao teste t de Student para comparação de médias ($p < 0,05$). A correlação entre o conteúdo de fenólicos totais e a capacidade antioxidante foi determinada por meio do coeficiente de correlação de Pearson ($p < 0,05$). Os cálculos estatísticos foram efetuados pelo programa *Statistica 7.0*.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os frutos de *C. adamantium* apresentaram massa média e diâmetros longitudinal e transversal (Tabela 1) superiores aos valores constatados por Oliveira, Santana e Santos (2011), para frutos de *C. adamantium* e *Campomanesia pubescens*, procedentes do município de Uberlândia, Minas Gerais. Essas variações podem estar relacionadas às condições climáticas da região de origem, especialmente luminosidade e índice pluviométrico, e ao tipo de solo (OLIVEIRA; SANTANA; SANTOS, 2011). Dentre as características físicas estudadas, observou-se maior variabilidade para as seguintes variáveis: massa dos frutos

(CV= 27,90%) e massa de polpa (CV= 36,18%). O rendimento de polpa da gabirola foi próximo ao de frutas como umbu-cajá (47,14%) e maracujá-amarelo (46,40%) (FISCHER et al., 2007; LIMA et al., 2002).

Tabela 1. Características físicas de frutos de gabirola (*C. adamantium*) nativa do Cerrado.

Variáveis	Mínimo	Máximo	Média ± DP ¹
Diâmetro longitudinal (mm)	18,42	28,41	22,97 ± 2,12
Diâmetro transversal (mm)	19,56	30,48	24,20 ± 2,45
Massa (g)			
fruto	3,06	12,94	6,99 ± 1,95
polpa	1,23	6,63	3,28 ± 1,19
resíduo (casca e semente)	1,63	6,72	3,71 ± 0,95
Rendimento de polpa (%)	20,03	66,03	46,24 ± 6,78

¹ Média de 100 frutos; DP: desvio-padrão.

A composição centesimal revelou que a polpa e o resíduo da gabirola apresentam teores elevados de umidade e baixos valores energéticos (Tabela 2). Resultados compatíveis foram relatados por Silva et al. (2008), para polpa de gabirola, e por Vallilo et al. (2006), para frutos inteiros de *C. adamantium* provenientes da região oeste do estado de São Paulo. Constatou-se que os teores de lipídios, proteínas e cinzas no resíduo de gabirola foram superiores aos valores encontrados na polpa (Tabela 2), e próximos aos relatados para casca de manga (MARQUES et al., 2010). Ressalta-se que não foram encontrados na literatura dados sobre a composição química das porções não comestíveis (casca e semente) desse fruto.

Tabela 2. Composição centesimal e valor energético total da polpa e resíduo de gabirola (*C. adamantium*).

Composição centesimal (g.100g ⁻¹ de peso fresco)	Gabirola	
	polpa	resíduo (casca e semente)
Umidade	80,87 ± 0,04 ^a	63,70 ± 0,03 ^b
Proteína	1,06 ± 0,00 ^b	3,17 ± 0,04 ^a
Lipídios	0,55 ± 0,03 ^b	5,33 ± 0,02 ^a
Carboidratos totais	10,00 ± 0,06 ^a	3,00 ± 0,15 ^b
Fibra alimentar total	7,10 ± 0,03 ^b	24,05 ± 0,15 ^a
fibra solúvel	1,49 ± 0,03 ^b	3,48 ± 0,08 ^a
fibra insolúvel	5,60 ± 0,02 ^b	20,58 ± 0,09 ^a
Cinzas	0,43 ± 0,02 ^b	0,74 ± 0,01 ^a
VET (kcal.100g ⁻¹)	49,19	72,65

Valores constituem média ± desvio-padrão (n=3). Médias com letras iguais na mesma linha não apresentam diferenças significativas pelo teste t de Student (p<0,05).

O conteúdo de fibra alimentar total (Tabela 2) das frações da gabiroba variou de 7 a 24 g.100g⁻¹, o que perfaz 23% a 80% da recomendação diária de fibra alimentar para um indivíduo adulto saudável (30 g) (IOM, 2006), constituindo-se em um alimento com alto teor de fibra, que é capaz de reduzir as concentrações séricas de triacilgliceróis e glicose (KACZMARCZYK; MILLER; FREUNDA, 2012). O conteúdo de fibra alimentar no resíduo de gabiroba foi cerca de três vezes maior que o teor observado na polpa (Tabela 2), e em frutos inteiros de *C. adamantium* (9,0 g.100g⁻¹) (VALLILO et al., 2006). O teor de fibra alimentar do resíduo de gabiroba também foi superior ao relatado para casca de manga (11,02 g.100g⁻¹) (MARQUES et al., 2010).

Em relação aos minerais (Tabela 3), o ferro foi o mineral que apresentou maior contribuição para Ingestão Dietética Recomendada (Recommended Dietary Allowance - RDA) em relação a uma porção de 100 g de fruto. Destaca-se que esse mineral é essencial para a maioria dos organismos vivos, pois atua como cofator de enzimas em inúmeros processos como homeostase celular, síntese de proteínas e transporte de oxigênio. Entretanto, é importante considerar que a biodisponibilidade do ferro não-heme presente nas frutas é inferior à do ferro heme encontrado em alimentos de origem animal, como as carnes (SHEFTEL; MASON; PONKA, 2012). O teor desse mineral encontrado na polpa de gabiroba foi próximo ao observado para polpa de maracujá-do-cerrado (1,06 mg.100g⁻¹), e superior ao relatado para polpa de murici (0,17 mg.100g⁻¹) (SOUZA et al., 2012). Os teores de minerais do resíduo de gabiroba foram maiores do que os da polpa, exceto para o conteúdo de ferro, que não apresentou diferença significativa entre as duas frações (Tabela 3). Vale acrescentar que as partes não comestíveis de frutas são tradicionalmente descartadas, gerando grandes quantidades de lixo orgânico. Como observado neste estudo, outros trabalhos também mostram que esses resíduos possuem mais nutrientes do que as polpas, podendo ser fontes importantes de macro e micronutrientes (IGNAT; VOLF; POPA, 2011; MARTINS et al., 2011). Portanto, recomenda-se a inserção desses resíduos na alimentação, desde que sejam submetidos a processos tecnológicos que inativam os fatores antinutricionais possivelmente presentes nesses subprodutos.

O teor de fenólicos totais da polpa de gabiroba foi de 1222,59 mg AGE.100g⁻¹ (Figura 1), sendo superior aos valores relatados para polpa de frutos de *Campomanesia* sp. procedentes dos estados de Goiás e Distrito Federal (259 a 285 mg AGE.100g⁻¹) (ROCHA et al., 2011). O conteúdo de fenólicos totais constatados em polpas de frutas tropicais, como a acerola (1063 mg AGE.100g⁻¹) e o camu-camu (1176 mg AGE.100g⁻¹) (RUFINO et al., 2010), e em polpas de frutos procedentes do Cerrado, como murici (334,37 mg AGE.100g⁻¹) e

marolo (739,37 mg AGE.100g⁻¹) (SOUZA et al., 2012) são inferiores ao valor observado para polpa de gabirola no presente estudo. Sabe-se que a concentração de compostos fenólicos de um alimento pode variar conforme as condições geográficas e ambientais da região de origem, e os fatores fisiológicos e genéticos da planta (MARTINS et al., 2011). Esses fatores podem explicar as diferenças observadas entre o teor de fenólicos da polpa de gabirola do presente estudo com os descritos na literatura. O conteúdo de fenólicos totais do resíduo de gabirola foi de 1787,65 mg AGE.100g⁻¹ (Figura 1), resultado superior aos valores observados para casca de jatobá (*Hymenaea courbaril*) (1712 mg AGE.100g⁻¹) e semente de araçá-boi (*Eugenia estipitata*) (1624 mg AGE.100g⁻¹) (CONTRERAS-CALDERÓN et al., 2011).

Tabela 3. Composição em minerais da polpa e resíduo de gabirola (*C. adamantium*) e percentual de ingestão conforme valores de referência.

Minerais (mg.100g ⁻¹ de peso fresco) ¹	Gabirola	
	polpa	resíduo (casca e semente)
Cálcio	8,77 ± 0,04 ^b	31,53 ± 0,78 ^a
RDA (%) ²	0,88	3,15
Ferro	1,07 ± 0,03 ^a	1,08 ± 0,02 ^a
RDA (%)	13,38	13,50
Sódio	0,83 ± 0,13 ^b	1,52 ± 0,13 ^a
RDA (%)	0,05	0,10
Potássio	121,71 ± 2,52 ^b	257,47 ± 6,10 ^a
RDA (%)	2,60	5,48
Zinco	0,16 ± 0,01 ^b	0,67 ± 0,00 ^a
RDA (%)	1,45	6,09

¹ Valores constituem média ± desvio-padrão (n=3). Médias com letras iguais na mesma linha não apresentam diferenças significativas pelo teste t de Student (p<0,05). ² Recommended Dietary Allowance (RDA) para adultos saudáveis (31 a 50 anos): cálcio= 1000 mg/dia; ferro= 8 mg/dia; sódio= 1500 mg/dia; potássio= 4700 mg/dia; zinco= 11 mg/dia (IOM, 2006).

Os compostos fenólicos são substâncias essenciais para o crescimento e reprodução dos vegetais. Além disso, são responsáveis pela pigmentação e proteção contra raios ultravioleta, micro-organismos e insetos. As plantas, quando submetidas a situações de estresse, como limitações nutricionais ou ataques de patógenos, ativam as rotas de síntese dos metabólitos secundários, resultando na produção dos compostos fenólicos (IGNAT; VOLF; POPA, 2011). As condições ambientais do bioma Cerrado, como solos pobres em nutrientes (CARVALHO; MARCO JÚNIOR; FERREIRA, 2009), favorecem essas situações de estresse, o que justifica um acúmulo maior desses compostos nas partes externas dos frutos de gabirola.

No organismo humano, os compostos fenólicos podem atuar na eliminação de radicais livres, proteção de antioxidantes alimentares (vitaminas E e C) e complexação de íons metálicos (MARTINS et al., 2011), promovendo benefícios adicionais à saúde. Por causa dessas propriedades e do conteúdo elevado de compostos fenólicos no resíduo e na polpa de gabioba, sugere-se a aplicação deste fruto nos setores alimentício e farmacêutico.

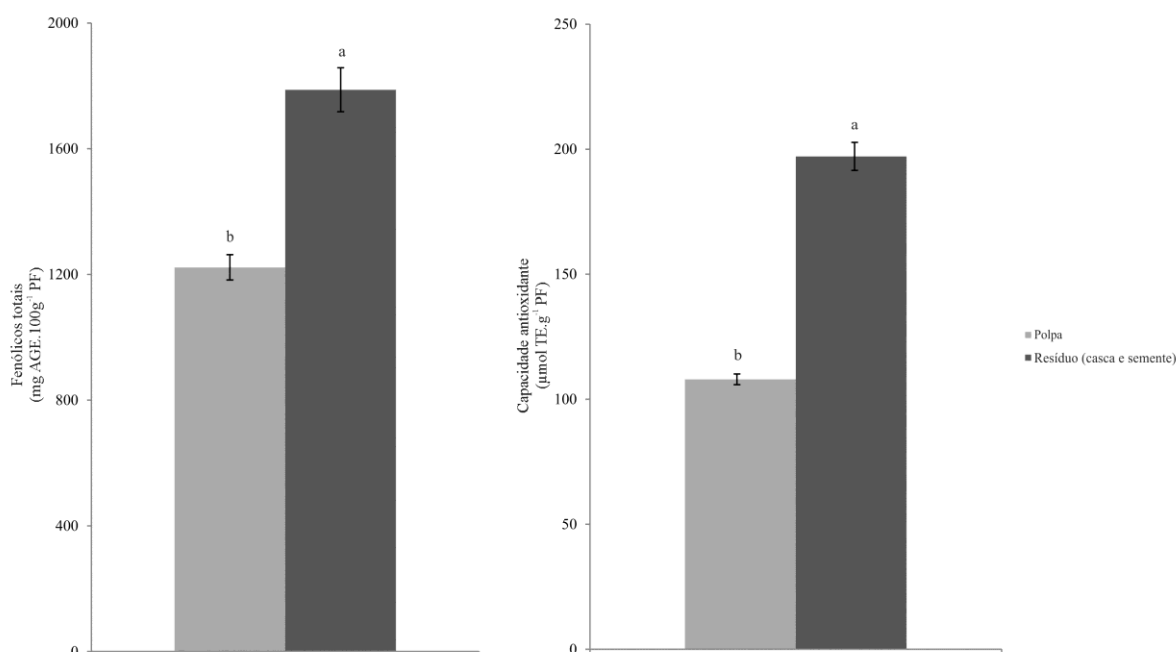


Figura 1. Conteúdo de compostos fenólicos totais e capacidade antioxidante, pelo método ABTS, da polpa e resíduo de gabioba (*C. adamantium*).

^{a,b} Letras diferentes representam diferenças significativas entre médias, pelo teste t de Student ($p < 0,05$); AGE: ácido gálico equivalente; TE: trolox equivalente; PF: peso fresco.

A capacidade antioxidante das frações da gabioba foi determinada pelo método ABTS, que se fundamenta na redução do radical $ABTS^{•+}$ pelas substâncias antioxidantes. O valor observado de capacidade antioxidante da polpa de gabioba ($107,96 \mu\text{mol TE.g}^{-1}$) (Figura 1) foi próximo aos valores relatados para capacidade antioxidante, pelo método ABTS, de polpa de frutos como puçá-preto ($125 \mu\text{mol TE.g}^{-1}$) e murici ($131,58 \mu\text{mol TE.g}^{-1}$) (RUFINO et al., 2010; SOUZA et al., 2012). A capacidade antioxidante do resíduo de gabioba ($197,13 \mu\text{mol TE.g}^{-1}$) foi superior à da polpa (Figura 1) e à relatada para casca de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) ($65,3 \mu\text{mol TE.g}^{-1}$) (CONTRERAS-CALDERÓN et al., 2011).

Em estudo realizado com frutos pertencentes à família Myrtaceae (PEREIRA et al., 2012), como goiaba amarela, gabioba e uvaia, a gabioba (fruto inteiro) apresentou maior conteúdo de fenólicos totais e capacidade antioxidante, pelo método ABTS. Assim como no presente estudo, Pereira et al. (2012) observaram que esses resultados foram superiores aos de muitas frutas tradicionalmente consumidas. Não foram encontrados na literatura dados de capacidade antioxidante da gabioba expressos em unidade de concentração semelhante à do nosso estudo.

O conteúdo de fenólicos totais correlacionou-se de forma positiva com a capacidade antioxidante ($r = 0,9723$; $p \leq 0,05$), indicando a importância dos compostos fenólicos como determinantes da capacidade antioxidante da gabioba. Nesse sentido, outros autores também relatam elevada correlação entre o conteúdo de fenólicos totais e a capacidade antioxidante (avaliada pelo método ABTS) de frutas (ALMEIDA et al., 2011; RUFINO et al., 2010; SOUZA et al., 2012).

Considerando as características físicas, nutricionais e funcionais da gabioba, recomenda-se o consumo deste fruto e a inserção dos seus subprodutos na alimentação, de forma adequada, para contribuir com a ingestão diária de antioxidantes e proteção do organismo contra os danos oxidativos. Entretanto, estudos adicionais são necessários para promover o cultivo de gabioba em escala comercial.

4 CONCLUSÕES

- 1 - Os frutos da gabiobeira apresentam um rendimento de polpa importante, o que indica perspectivas promissoras para exploração dessa espécie.
- 2 - As frações da gabioba possuem elevado teor de umidade, alto conteúdo de fibra alimentar e baixo valor energético, além de um teor considerável de ferro, sendo que o resíduo de gabioba contém maior concentração de nutrientes do que a polpa.
- 3 - A polpa e o resíduo de gabioba contêm alta concentração de compostos fenólicos e elevada capacidade antioxidante, e o conteúdo de compostos fenólicos está fortemente associado com a capacidade antioxidante das frações do fruto da gabiobeira.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de pós-graduação, e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- ABE, L. T.; LAJOLO, F. M.; GENOVESE, M. I. Comparison of phenol content and antioxidant capacity of nuts. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, supl. 1, p. 254-259, 2010.
- ALMEIDA, M. M. B.; SOUSA, P. H. M.; ARRIAGA, A. M. C.; PRADO, G. M.; MAGALHÃES, C. E. C.; MAIA, G. A.; LEMOS, T. L. G. Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh exotic fruits from northeastern Brazil. **Food Research International**, Essex, v. 44, n. 7, p. 2155-2159, 2011.
- AOAC - Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis**. 17. ed. Arlington: AOAC, 2002. 1115 p.
- BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, Toronto, v. 37, n. 8, p. 911-917, 1959.
- CARVALHO, F. M. V.; MARCO JÚNIOR, P.; FERREIRA, L. G. The Cerrado into pieces: habitat fragmentation as a function of landscape use in the savannas of central Brazil. **Biological Conservation**, Essex, v. 142, n. 7, p. 1392-1403, 2009.
- CONTRERAS-CALDERÓN, J.; CALDERÓN-JAIMES, L.; GUERRA-HERNÁNDEZ, E.; GARCÍA-VILLANOVA, B. Antioxidant capacity, phenolic content and vitamin C in pulp, peel and seed from 24 exotic fruits from Colombia. **Food Research International**, Essex, v. 44, n. 7, p. 2047-2053, 2011.
- FISCHER, I. H.; ARRUDA, M. C.; ALMEIDA, A. M.; GARCIA, M. J. M.; JERONIMO, E. M.; PINOTTI, R. N.; BERTANI, R. M. A. Doenças e características físicas e químicas pós-colheita em maracujá amarelo de cultivo convencional e orgânico no Centro Oeste paulista. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 2, p. 254-259, 2007.
- IGNAT, I.; VOLF, I.; POPA, V. I. A critical review of methods for characterization of polyphenolic compounds in fruits and vegetables. **Food Chemistry**, Barking, v. 126, n. 4, p. 1821-1835, 2011.
- IOM - Institute of Medicine. **Dietary Reference Intakes research synthesis: workshop summary**. Washington: The National Academies Press, 2006. 298 p.

JOSHIPURA, K. J.; HUNG, H. C.; LI, T. Y.; HU, F. B.; RIMM, E. B.; STAMPFER, M. J.; COLDITZ, G.; WILLETT, W. C. Intakes of fruits, vegetables and carbohydrate and the risk of CVD. **Public Health Nutrition**, Wallingford, v. 12, n. 1, p. 115-121, 2009.

KACZMARCZYK, M. M.; MILLER, M. J.; FREUNDA, G. G. The health benefits of dietary fiber: beyond the usual suspects of type 2 diabetes mellitus, cardiovascular disease and colon cancer. **Metabolism, Clinical and Experimental**, Baltimore, v. 61, n. 8, p. 1058-1066, 2012.

LIMA, E. D. P. A.; LIMA, C. A. A.; ALDRIGUE, M. L.; GONDIM, P. J. S. Caracterização física e química dos frutos da umbu-cajazeira (*Spondias spp*) em cinco estádios de maturação, da polpa congelada e néctar. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 2, p. 338-343, 2002.

MARQUES, A.; CHICAYBAM, G.; ARAUJO, M. T.; MANHÃES, L. R. T.; SABAA-SRUR, A. U. O. Composição centesimal e de minerais de casca e polpa de manga (*Mangifera indica* L.) cv. Tommy Atkins/Mango rind and pulp (*Mangifera indica* L.) cv. Tommy Atkins centesimal composition and minerals contents. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 4, p. 1206-1210, 2010.

MARTINS, S.; MUSSATTO, S. I.; MARTÍNEZ-AVILA, G.; MONTANEZ-SAENZ, J.; AGUILAR, C. N.; TEXEIRA, J. A. Bioactive phenolic compounds: production and extraction by solid-state fermentation. A review. **Biotechnology Advances**, New York, v. 29, n. 3, p. 365-373, 2011.

OLIVEIRA, M. C.; SANTANA, D. G.; SANTOS, C. M. Biometria de frutos e sementes e emergência de plântulas de duas espécies frutíferas do gênero *Campomanesia*/Biometrics of fruits and seeds and seedling emergence of two species of fruit of the *Campomanesia* genus. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 2, p. 446-455, 2011.

PEREIRA, M. C.; STEFFENS, R. S.; JABLONSKI, A.; HERTZ, P. F.; RIOS, A. O.; VIZZOTTO, M.; FLÔRES, S. H. Characterization and antioxidant potential of Brazilian fruits from the Myrtaceae family. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 60, n. 12, p. 3061-3067, 2012.

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**, New York, v. 26, n. 9-10, p. 1231-1237, 1999.

ROCHA, W. S.; LOPES, R. M.; SILVA, D. B.; VIEIRA, R. F.; SILVA, J. P.; AGOSTINI-COSTA, T. S. Compostos fenólicos totais e taninos condensados em frutas nativas do cerrado/Total phenolics and condensed tannins in native fruits from Brazilian savanna. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 4, p. 1215-1221, 2011.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F.; MANCINI-FILHO, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, Barking, v. 121, n. 4, p. 996-1002, 2010.

SHEFTEL, A. D.; MASON, A. B.; PONKA, P. The long history of iron in the universe and in health and disease. **Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - General Subjects**, Amsterdam, v. 1820, n. 3, p. 161-187, 2012.

SILVA, M. R.; LACERDA, D. B. C. L.; SANTOS, G. G.; MARTINS, D. M. O. Caracterização química de frutos nativos do cerrado/Chemical characterization of native species of fruits from savana ecosystem. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 6, p. 1790-1793, 2008.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagent. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 16, n. 3, p. 144-158, 1965.

SOERJOMATARAM, I.; OOMEN, D.; LEMMENS, V.; OENEMA, A.; BENETOU, V.; TRICHOPOULOU, A.; COEBERGH, J. W.; BARENDREGT, J.; VRIES, E. Increased consumption of fruit and vegetables and future cancer incidence in selected European countries. **European Journal of Cancer**, Oxford, v. 46, n. 14, p. 2563-2580, 2010.

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 Brazilian fruits. **Food Chemistry**, Barking, v. 134, n. 1, p. 381-386, 2012.

VALLILO, M. I.; LAMARDO, L. C. A.; GARBELOTTI, M. L.; OLIVEIRA, E.; MORENO, P. R. H. Composição química dos frutos de *Campomanesia adamantium* (Cambessédes) O. BERG/Chemical composition of *Campomanesia adamantium* (Cambessédes) O. BERG fruits. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 4, p. 805-810, 2006.

ARTIGO CIENTÍFICO 2

COMPOSTOS BIOATIVOS E CAPACIDADE ANTIOXIDANTE DE FRUTAS NATIVAS DO CERRADO

Aline Medeiros Alves ^a, Tiago Dias ^b, Neuza Mariko Aymoto Hassimotto ^c, Maria Margareth Veloso Naves ^{b,*}

^a Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, Brasil.

^b Faculdade de Nutrição, Universidade Federal de Goiás, Rua 227, Quadra 68, CEP: 74605-080, Goiânia, GO, Brasil. Telefone: 62-32096270/214; fax: 62-32096273. E-mail: mmvnaves@gmail.com. *Autor correspondente.

^c Departamento de Alimentos e Nutrição Experimental, Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.

RESUMO

Cagaita, caju-do-cerrado e gabioba, frutas nativas do Cerrado (Savana Brasileira), foram caracterizadas em relação ao conteúdo de ácido ascórbico total, fenólicos totais, capacidade antioxidante (DPPH, FRAP e ORAC) e flavonoides (CLAE). A gabioba apresentou os maiores teores de ácido ascórbico total (61,49 mg.100g⁻¹ peso fresco - PF) e de fenólicos totais (1222,59 mg AGE.100g⁻¹ PF), e a maior capacidade antioxidante em todos os métodos, quando comparada às demais frutas analisadas. Entretanto, todas as frutas apresentaram concentração considerável de compostos bioativos, quando comparadas com outras frutas nativas brasileiras. Correlações elevadas e significativas ($0,970 \leq r \leq 0,998$; $p < 0,05$) foram observadas entre o conteúdo de ácido ascórbico total e de fenólicos totais e a capacidade antioxidante, pelos diferentes métodos. Derivados de quercetina foram detectados na cagaita (1,94 mg.100g⁻¹ PF) e no caju-do-cerrado (0,55 mg.100g⁻¹ PF), e um conteúdo relevante de catequina (23,32 mg.100g⁻¹ PF) foi constatado na gabioba. As frutas estudadas podem ser consideradas fontes interessantes de antioxidantes naturais, especialmente a gabioba, por apresentar alto teor de compostos fenólicos e elevada capacidade antioxidante.

Palavras-chave: *Eugenia dysenterica* DC, *Anacardium othonianum* Rizz., *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg, vitamina C, compostos fenólicos, atividade antioxidante.

1 INTRODUÇÃO

O Cerrado (Savana Brasileira) apresenta uma variedade de frutas nativas, que têm sido investigadas como fontes potenciais de substâncias antioxidantes (SOUZA et al., 2012). A cagaita (*Eugenia dysenterica* DC), o caju-do-cerrado (*Anacardium othonianum* Rizz.) e a gabioba (*Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg) são amplamente utilizadas na alimentação e na medicina popular e representam espécies com grande potencial econômico para o Cerrado. De modo geral, essas frutas apresentam um elevado teor de umidade e de fibra alimentar, baixo valor energético, e concentrações apreciáveis de vitamina C e de fenólicos totais, que constituem as principais substâncias antioxidantes encontradas nas frutas (CARDOSO et al., 2011; PEREIRA et al., 2012; ROCHA et al., 2011). Estudos demonstram o efeito terapêutico dessas frutas no tratamento de constipações crônicas, úlceras, gastrites e doenças inflamatórias, confirmando o seu uso popular (FERREIRA et al., 2013; LIMA et al., 2010; LUIZ-FERREIRA et al., 2010). No entanto, dados relacionados ao potencial antioxidante dessas frutas nativas ainda são escassos.

Considerando a variedade de substâncias antioxidantes presentes em uma matriz alimentar, diversos métodos foram desenvolvidos para identificar e quantificar essas substâncias, e determinar sua capacidade antioxidante. Os métodos amplamente empregados em frutas são: capacidade de sequestro de radicais livres, como o ABTS (2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolina) 6-ácido sulfônico) e o DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazila); capacidade de redução do íon férrico (Ferric Reducing Antioxidant Power - FRAP); capacidade de absorção do radical oxigênio (Oxygen Radical Absorbance Capacity - ORAC) e a cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE). Recomenda-se a combinação de pelo menos dois métodos para fornecer resultados mais abrangentes da capacidade antioxidante das frutas (HUANG; OU; PRIOR, 2005; PÉREZ-JIMÉNEZ et al., 2008).

Informações seguras a respeito do conteúdo de compostos bioativos e da capacidade antioxidante de frutas são ferramentas importantes em nível de saúde pública, uma vez que o consumo regular de frutas e hortaliças está associado à redução do risco de desenvolvimento de diversas doenças, como as cardiovasculares e neurológicas, e alguns tipos de câncer (JOSHUPURA et al., 2009; OUDE GRIEP et al., 2010; WOTTON-BEARD; RYAN, 2011). Além disso, essas informações também contribuem para agregar valor comercial e industrial às frutas.

Diante da importância de pesquisas por antioxidantes naturais e da escassez de dados relacionados ao potencial bioativo de frutas nativas brasileiras, este estudo teve os objetivos de avaliar o conteúdo de ácido ascórbico total e de fenólicos totais, estimar e correlacionar a capacidade antioxidante avaliada por diferentes métodos, bem como identificar e quantificar o conteúdo de flavonoides das partes comestíveis de cagaita, caju-do-cerrado e gabioba.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 MATERIAL E PREPARAÇÃO DA AMOSTRA

A cagaita, o caju-do-cerrado e a gabioba foram coletadas em áreas representativas do bioma Cerrado, na região central do estado de Goiás (Brasil) ($14^{\circ} 45' 50''$ a $16^{\circ} 57' 43''$ S; $48^{\circ} 57' 10''$ a $49^{\circ} 34' 40''$ O), entre agosto e novembro de 2011. Após a coleta, as frutas foram lavadas em água corrente e selecionadas conforme o ponto de maturação e a ausência de injúrias. As partes comestíveis da cagaita (casca e polpa) e do caju-do-cerrado (pseudofruto) foram extraídas manualmente, e da gabioba (polpa), por meio de despoldadeira industrial 0.25 DF (Bonina, Itabuna, Brasil) com peneiras de 2,5 mm, e então armazenadas a -40°C . Posteriormente, foram liofilizadas, trituradas até a obtenção de um pó fino (30-mesh), embaladas a vácuo e mantidas sob refrigeração, com luminosidade controlada, até o momento das análises. O teor de umidade das amostras (frescas e liofilizadas) foi determinado por secagem a 70°C , sob vácuo (AOAC, 2002).

2.2 REAGENTES QUÍMICOS

Os reagentes ácido ascórbico, 1,4-ditiotreitol (DTT), Folin-Ciocalteu, 2,2-difenil-1-picril-hidrazila (DPPH), 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromo-2-ácido carboxílico (Trolox), 2,4,6-tri(2-piridil)-s-triazina (TPTZ), 2,2'-azobis (2-amidinopropano) dihidroclorato (AAPH) e os padrões de flavonoides (quercetina, kaempferol, catequina e etil galato) foram obtidos da Sigma Chemical Co. (St. Louis, EUA). O padrão de cianidina foi adquirido da Extrasynthese (Genay, França). Os demais reagentes foram de grau analítico e grau cromatográfico, quando necessário.

2.3 DETERMINAÇÃO DE ÁCIDO ASCÓRBICO TOTAL (VITAMINA C)

O conteúdo de ácido ascórbico foi extraído com ácido metafosfórico (0,3%) e analisado por meio de um cromatógrafo líquido 1260 Infinity (Agilent Technologies, Santa Clara, EUA), composto por mostrador automático, bomba quaternária e detector de arranjo de diodos (DAD). A coluna utilizada foi μ Bondpack C18, 300 x 3,6 mm (Waters, Milford, EUA), com temperatura de 35°C e fluxo de 0,8 mL/min. A eluição foi realizada em condições isocráticas, com solução tampão de acetato de sódio (0,2 M) e ácido acético (pH 4,2), durante 10 minutos, e monitorada a 262 nm. O conteúdo de ácido ascórbico total (vitamina C) foi estimado após redução do ácido deidroascórbico com 10 mM de ditiotreitól (HASSIMOTTO et al., 2008). Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico total por 100 g de peso fresco ($\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ PF).

2.4 PREPARO DOS EXTRATOS DAS FRUTAS

Os extratos foram preparados com metanol 70% (0,5 g de amostra liofilizada para 25 mL de solvente), utilizando agitador magnético RO 10 (IKA, Staufen, Alemanha), por 120 minutos a 4°C. O extrato obtido foi filtrado em papel de filtro e acondicionado em frasco de vidro âmbar até o momento das análises (ABE; LAJOLO; GENOVESE, 2010). Este extrato foi utilizado para determinar o conteúdo de fenólicos totais e a capacidade antioxidante.

2.5 DETERMINAÇÃO DE FENÓLICOS TOTAIS

O conteúdo de fenólicos totais foi determinado segundo metodologia descrita por Singleton e Rossi (1965), com modificações. Uma alíquota de 0,25 mL dos extratos foi misturada com 2,5 mL de água e 0,25 mL do reagente Folin-Ciocalteu. Após 5 minutos à temperatura ambiente, 0,25 mL de solução de carbonato de sódio (10%) foi adicionada e a mistura mantida à temperatura ambiente, com luminosidade controlada, por 60 minutos. A absorbância, a 725 nm, foi monitorada em espectrofotômetro UV/Visível V-630 (Jasco, Tokyo, Japão), e o conteúdo de fenólicos totais foi calculado utilizando-se curva padrão de ácido gálico (16 a 100 mg/L). Os resultados foram expressos em mg de ácido gálico equivalente por 100 g de peso fresco ($\text{mg AGE} \cdot 100\text{g}^{-1}$ PF).

2.6 DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE ANTIOXIDANTE

2.6.1 Método DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazila)

A capacidade de sequestro do radical livre DPPH foi determinada conforme proposto por Brand-Williams, Cuvelier e Berset (1995), com modificações. Aliquotas de 0,1 mL dos extratos foram adicionadas a 3,9 mL de solução metanólica de DPPH (25 mg/L), e mantidas à temperatura ambiente, com luminosidade controlada, por 120 minutos. A absorbância das amostras foi determinada a 515 nm, em espectrofotômetro UV/Visível. A curva padrão foi preparada com solução metanólica de Trolox, em diferentes concentrações (50 a 250 mg/L), e suas respectivas porcentagens de inibição. Os resultados foram expressos em μmol equivalente de Trolox por grama de peso fresco ($\mu\text{mol TE.g}^{-1}\text{ PF}$).

2.6.2 Método FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power)

O ensaio da capacidade de redução do íon férrico foi conduzido de acordo com técnica descrita por Pulido, Bravo e Saura-Calixto (2000), com modificações. O reagente FRAP foi obtido a partir da mistura de tampão acetato (0,3 M, pH 3,6), solução de TPTZ (10 mM) e solução de cloreto férrico (20 mM), em uma proporção de 100:10:10. Aliquotas de 90 μL das amostras foram misturadas com 270 μL de água e 2,7 mL do reagente FRAP, e a absorbância da mistura foi medida em 595 nm, após incubação a 37°C por 30 minutos. Soluções com concentrações conhecidas de Trolox (104 a 800 μM) foram utilizadas para construir a curva padrão e auxiliar no cálculo da capacidade antioxidante. Os resultados foram expressos em μmol equivalente de Trolox por grama de peso fresco ($\mu\text{mol TE.g}^{-1}\text{ PF}$).

2.6.3 Método ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity)

A capacidade de absorção de radicais de oxigênio foi analisada conforme proposto por Dávalos, Gómez-Cordovés e Bartolomé (2004). Em microplacas, alíquotas de 25 μL dos extratos foram misturadas a 150 μL da solução de fluoresceína (40 nM) e incubadas a 37°C por 30 minutos, antes da adição de 25 μL da solução de AAPH (153 nM). Todos os reagentes foram preparados em tampão fosfato (75 mM, pH 7,1). A intensidade da fluorescência (excitação a 485 nm e emissão a 525 nm) foi monitorada a cada minuto, durante 60 minutos, no leitor de microplacas Sinergy Mx (BioTeK, Winooski, EUA). A curva padrão foi preparada com solução de Trolox (6,25 a 100 mM), e os resultados foram expressos em μmol equivalente de Trolox por grama de peso fresco ($\mu\text{mol TE.g}^{-1}\text{ PF}$).

2.7 EXTRAÇÃO E DETERMINAÇÃO DE FLAVONOIDES POR CLAE-DAD

A extração de flavonoides foi realizada segundo método descrito por Hassimotto, Genovese e Lajolo (2007). As amostras foram homogeneizadas em metanol/água (70:30, v:v) ou metanol/água/ácido acético (70:30:5, v:v:v) para as amostras de caju-do-cerrado, e filtradas com papel de filtro. Os resíduos das amostras foram extraídos mais duas vezes, nas mesmas condições, e os extratos foram concentrados em rotaevaporador, para aproximadamente 20 mL, e o volume ajustado com água destilada para 50 mL. Alíquotas desse extrato foram eluídas em colunas de 1 g de poliamida (CC 6), pré-condicionadas com metanol (20 mL) e água (50 mL). Posteriormente, as colunas foram lavadas com água (20 mL) e a eluição dos flavonoides foi realizada com metanol (50 mL) e metanol/amônio (50 mL) (99,5:0,5 v:v). Os eluatos foram concentrados em rotaevaporador a 40°C sob vácuo, até a remoção completa dos solventes, e ressuspensos em metanol (grau cromatográfico) ou metanol/ácido acético (95:5, v:v) para as amostras de caju-do-cerrado. Em seguida, foram filtrados utilizando-se filtros de polietileno com membrana PTFE (Millipore), de 0,43 µm de poro.

Os flavonoides foram determinados em um cromatógrafo líquido 1260 Infinity (Agilent Technologies, Santa Clara, EUA), composto por mostrador automático, bomba quaternária e detector de arranjo de diodos. A coluna utilizada foi Prodigy ODS3, 5 µm, 250 x 4,6 mm (Phenomenex Ltd., Torrance, EUA), com temperatura de 25°C, fluxo de 1 mL/min, e tempo de corrida de 45 minutos. Os solventes de eluição foram (A) ácido fórmico (0,5%) e (B) acetonitrila, nos seguintes gradientes: 0-15 min 10-20% B; 15-25 min 20-25% B; 25-33 min 25-35% B; 33-38 min 35-50% B e 38-45 min 50-90% B. Os eluatos foram monitorados a 270 nm e 525 nm (determinação de antocianinas). Os flavonoides foram quantificados usando padrões externos, e a identificação dos picos foi realizada por comparação com o tempo de retenção e espectros de absorção de padrões de flavonoides disponíveis na biblioteca do sistema de análise. Os resultados foram expressos em mg de aglicona por 100 g de peso fresco ($\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ PF) (HASSIMOTTO; GENOVESE; LAJOLO, 2007).

2.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados foram expressos como média e desvio-padrão de três replicatas, submetidos ao teste Kolmogorov-Smirnov para testar a normalidade dos dados e à análise de variância e teste de Tukey para comparação de médias ($p < 0,05$). Além disso, análises de

correlação de Pearson foram realizadas entre o conteúdo de ácido ascórbico total e de fenólicos totais e a capacidade antioxidante, e entre os métodos usados para estimar a capacidade antioxidante ($p < 0,05$). Os cálculos estatísticos foram efetuados pelo programa STATISTICA (Stat Soft Inc., versão 7, 2004).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As frutas nativas do Cerrado (cagaita, caju-do-cerrado e gabirola) apresentaram alto teor de umidade (acima de 80%), característica geralmente observada na composição de frutas, incluindo as de espécies nativas, como marolo, murici, jenipapo, graviola e maracujá-do-cerrado (SOUZA et al., 2012). Em relação ao conteúdo de ácido ascórbico total (Tabela 1), a gabirola apresentou um teor superior aos constatados para cagaita e caju-do-cerrado. O conteúdo de ácido ascórbico total da cagaita foi inferior ao encontrado por Cardoso et al. (2011), para cagaita ($34,11 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$) procedente de Minas Gerais, Brasil. Para o caju-do-cerrado, foi observado teor inferior ao relatado em pseudofrutos de caju comum (*Anacardium occidentale*) ($190 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$) (RUFINO et al., 2010). Entretanto, na literatura recente, não foram encontrados dados relacionados ao conteúdo de ácido ascórbico do caju-do-cerrado.

Tabela 1. Umidade, conteúdo de ácido ascórbico total e de fenólicos totais das partes comestíveis de frutas nativas do Cerrado.

Constituintes	Frutas		
	cagaita	caju-do-cerrado	gabirola
Umidade ($\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$)	$92,60 \pm 0,01^a$	$85,59 \pm 0,01^b$	$80,87 \pm 0,04^c$
Ácido ascórbico total ($\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ PF)	$10,63 \pm 0,05^b$	$5,48 \pm 0,10^c$	$61,49 \pm 0,62^a$
Fenólicos totais ($\text{mg AGE} \cdot 100\text{g}^{-1}$ PF)	$141,95 \pm 2,12^b$	$160,74 \pm 6,48^b$	$1222,59 \pm 40,31^a$

Letras diferentes na mesma linha representam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). AGE= ácido gálico equivalente; PF= peso fresco.

A identificação de novas fontes de ácido ascórbico ou vitamina C é essencial em nível de saúde pública, uma vez que essa vitamina desempenha importantes funções biológicas, como produção de hormônios e neutralização de espécies reativas (DU; CULLEN; BUETTNER, 2012). O teor de vitamina C constatado na gabirola (Tabela 1) fornece de 68% a 82% da Ingestão Dietética Recomendada (RDA) para um indivíduo adulto (75 a 90 mg)

(IOM, 2006), podendo ser considerada uma fruta com alto conteúdo desta vitamina. Este teor se assemelha ao encontrado em frutas cítricas, como laranja ($67 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$) (LIM; LIM; TEE, 2007).

Quanto ao conteúdo de compostos fenólicos totais (Tabela 1), a gabioba destacou-se por apresentar um teor superior ao das demais frutas, e ao constatado por Rocha et al. (2011), para gabioba procedente de Goiás, Brasil ($285 \text{ mg AGE} \cdot 100\text{g}^{-1}$). Ressalta-se que o conteúdo de fenólicos totais da gabioba (Tabela 1) foi próximo ao reportado para frutas com alto teor de compostos fenólicos, como camu-camu ($1176 \text{ mg AGE} \cdot 100\text{g}^{-1}$) e acerola ($1063 \text{ mg AGE} \cdot 100\text{g}^{-1}$), e superior em comparação ao marolo ($739,37 \text{ mg AGE} \cdot 100\text{g}^{-1}$) (RUFINO et al., 2010; SOUZA et al., 2012). Não houve diferença significativa entre os valores encontrados para cagaita e caju-do-cerrado, os quais apresentaram resultados próximos aos relatados para cagaita madura ($111 \text{ mg AGE} \cdot 100\text{g}^{-1}$) e caju-do-cerrado ($197 \text{ mg AGE} \cdot 100\text{g}^{-1}$), procedentes de Goiás e Distrito Federal (Brasil), respectivamente (ROCHA et al., 2011). Comparando com outras frutas, o conteúdo de fenólicos totais da cagaita e do caju-do-cerrado foi superior ao teor observado no mamão ($53,2 \text{ mg AGE} \cdot 100\text{g}^{-1}$) e no abacaxi ($38,1 \text{ mg AGE} \cdot 100\text{g}^{-1}$) (ALMEIDA et al., 2011).

A análise de determinação de fenólicos totais pode ser influenciada pelo processamento das amostras, método e solvente de extração empregados e qualidade do padrão utilizado (IGNAT; VOLFF; POPA, 2011). Esses fatores podem justificar as diferenças encontradas entre o conteúdo de fenólicos totais das frutas analisadas e os valores identificados na literatura para essas frutas (ROCHA et al., 2011). Apesar das diferenças, os resultados indicam que essas frutas são fontes importantes de compostos fenólicos, com destaque para a gabioba.

No presente trabalho, diversos métodos foram conduzidos para estimar a capacidade antioxidante da cagaita, do caju-do-cerrado e da gabioba, uma vez que possíveis variações no complexo antioxidante de uma matriz alimentar podem fornecer resultados diferentes em cada método (PÉREZ-JIMÉNEZ et al., 2008). Além disso, a falta de padronização dos métodos de capacidade antioxidante limita as possibilidades de comparação entre dados publicados por diferentes grupos de pesquisas, principalmente pela expressão dos resultados em unidades de concentração distintas. Por isso, e por causa da escassez de dados relacionados à capacidade antioxidante das frutas analisadas, outras frutas foram utilizadas para discussão dos nossos resultados.

A capacidade antioxidante, em todos os métodos realizados, apresentou variabilidade significativa entre as amostras, sendo que a gabioba revelou a maior capacidade (Figura 1).

Pelo método DPPH, os valores observados para capacidade antioxidante da cagaita ($12 \mu\text{mol TE.g}^{-1}$) e do caju-do-cerrado ($10 \mu\text{mol TE.g}^{-1}$) foram superiores aos de outras frutas nativas brasileiras, como araçá ($4,1 \mu\text{mol TE.g}^{-1}$) e cambuci ($9,0 \mu\text{mol TE.g}^{-1}$) (GENOVESE et al., 2008). A capacidade antioxidante da gabirola ($77,3 \mu\text{mol TE.g}^{-1}$) também foi superior à relatada para maracujá-banana (*Passiflora molissima* L. - $70 \mu\text{mol TE.g}^{-1}$) e amora-preta (*Rubus glaucus* - $40 \mu\text{mol TE.g}^{-1}$), procedentes do Equador (VASCO; RUALES; KAMAL-ELDIN, 2008).

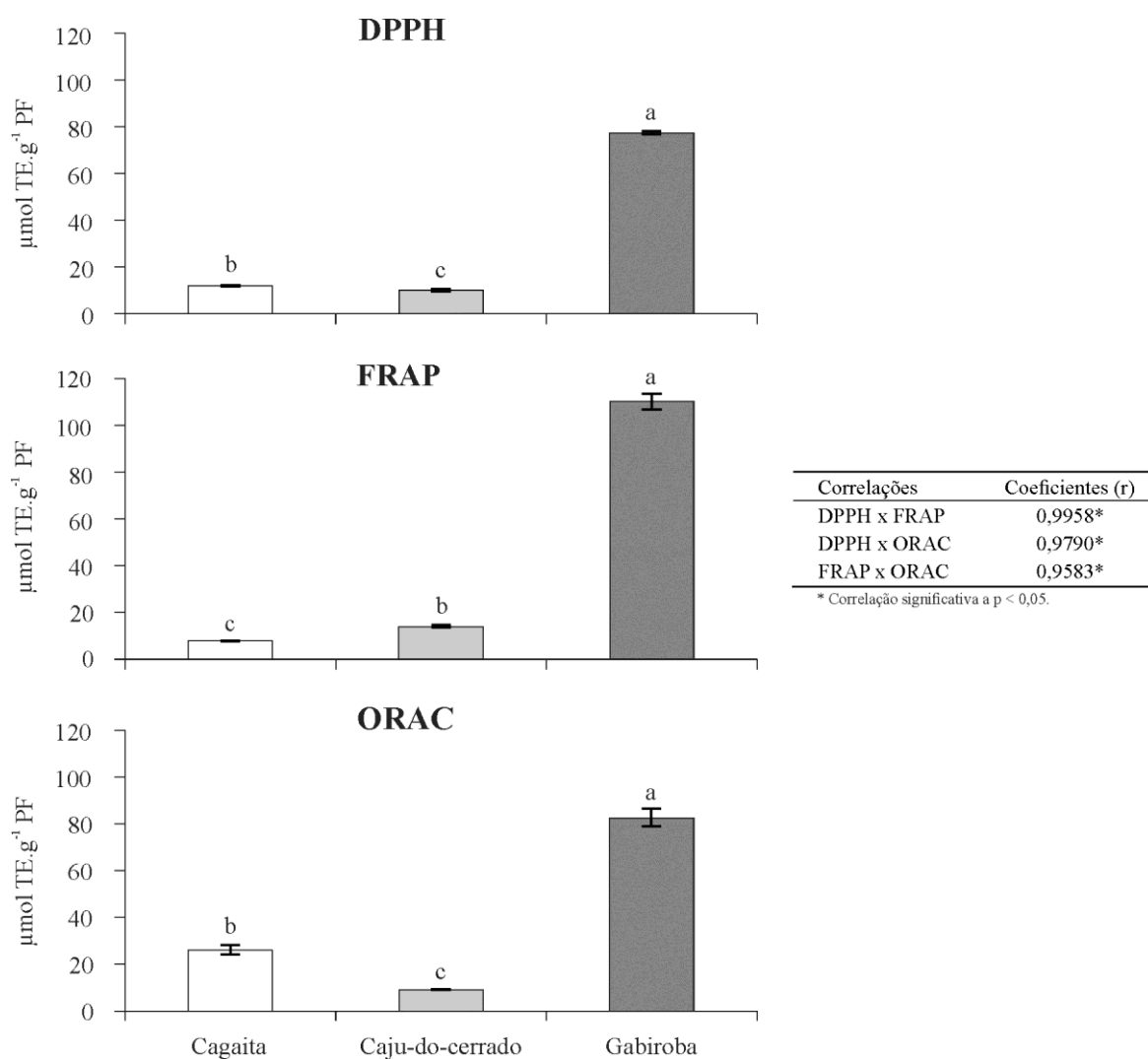


Figura 1. Capacidade antioxidante das partes comestíveis de frutas nativas do Cerrado avaliada pelos métodos DPPH, FRAP e ORAC, e os coeficientes de correlação de Pearson entre eles.

Letras diferentes representam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); $\mu\text{mol TE.g}^{-1}$ PF= micromol de trolox equivalente por grama de peso fresco.

A capacidade antioxidante da cagaita ($7,8 \mu\text{mol TE.g}^{-1}$) e do caju-do-cerrado ($14 \mu\text{mol TE.g}^{-1}$), determinada pelo método FRAP (Figura 1), foi inferior à de frutas da Amazônia

colombiana, como araçá (*Psidium araca* - 39,9 $\mu\text{mol TE.g}^{-1}$) e buriti (*Mauritia flexuosa* - 27,8 $\mu\text{mol TE.g}^{-1}$), avaliadas pelo mesmo método. No entanto, o valor observado para a gabiroba (110,2 $\mu\text{mol TE.g}^{-1}$) foi próximo ao valor relatado para outras frutas nativas, como o maracujá-banana (114 $\mu\text{mol TE.g}^{-1}$) (CONTRERAS-CALDERÓN et al., 2011).

Em relação aos resultados obtidos pelo método ORAC (Figura 1), a capacidade antioxidante da cagaita (26,2 $\mu\text{mol TE.g}^{-1}$) foi similar a de frutas como uva vermelha (26,05 $\mu\text{mol TE.g}^{-1}$) e laranja (28,87 $\mu\text{mol TE.g}^{-1}$), e a capacidade antioxidante do caju-do-cerrado (9,2 $\mu\text{mol TE.g}^{-1}$) foi próxima à do abacaxi (10,55 $\mu\text{mol TE.g}^{-1}$) e da manga (11,64 $\mu\text{mol TE.g}^{-1}$). Já o valor observado para gabiroba (82,5 $\mu\text{mol TE.g}^{-1}$) foi semelhante ao relatado para morango (83,48 $\mu\text{mol TE.g}^{-1}$) (WOLFE et al., 2008).

Comparando os métodos de capacidade antioxidante utilizados neste estudo, observou-se coeficientes de correlação altos e significativos (Figura 1), indicando que esses métodos apresentaram comportamentos semelhantes na avaliação da capacidade antioxidante da cagaita, do caju-do-cerrado e da gabiroba, que constituem matrizes alimentares com alto teor de umidade e de fenólicos totais. Thaipong et al. (2006), avaliando a capacidade antioxidante de quatro cultivares de goiaba, também observaram correlação significativa entre esses mesmos métodos.

O conteúdo de ácido ascórbico total correlacionou-se de forma positiva e significativa com todos os métodos de capacidade antioxidante (Figura 2), especialmente com o método DPPH. Rufino et al. (2010) também observaram correlação positiva entre o conteúdo de ácido ascórbico e a capacidade antioxidante pelos métodos FRAP e ABTS, em frutas tropicais. Ao contrário, existem estudos que relatam correlação baixa ou negativa entre o conteúdo de vitamina C e a capacidade antioxidante, o que tem sido explicado pela possível ação pró-oxidante desta vitamina em alguns sistemas (ALMEIDA et al., 2011; CONTRERAS-CALDERÓN et al., 2011).

Da mesma forma que o constatado para o ácido ascórbico, forte correlação foi observada entre o conteúdo de fenólicos totais e os métodos de capacidade antioxidante (Figura 2). Essa associação é relatada em diversos estudos, indicando a contribuição relevante dos compostos fenólicos para a capacidade antioxidante de frutas (ALMEIDA et al., 2011; RUFINO et al., 2010; SOUZA et al., 2012). A alta correlação entre a capacidade de redução do reagente Folin-Ciocalteu e os métodos DPPH e FRAP ocorre pela similaridade dos mecanismos de reação, que se fundamentam, principalmente, na transferência de elétrons. O método ORAC, por sua vez, é baseado apenas na transferência de átomos de hidrogênio, o que resulta em menores coeficientes de correlação entre este método e os demais (Figuras 1 e

2). É importante acrescentar que a correlação entre o conteúdo de compostos bioativos e a capacidade antioxidante avaliada por métodos *in vitro* depende da estrutura química dos compostos (quantidade e posição das hidroxilas), da interação entre eles e das condições específicas utilizadas em cada método (HUANG; OU; PRIOR, 2005). Apesar dessas limitações, a utilização dos métodos DPPH e ORAC pode fornecer estimativas mais precisas e representativas da capacidade antioxidante de matrizes alimentares com alto teor de umidade e de fenólicos totais, como as frutas em geral.

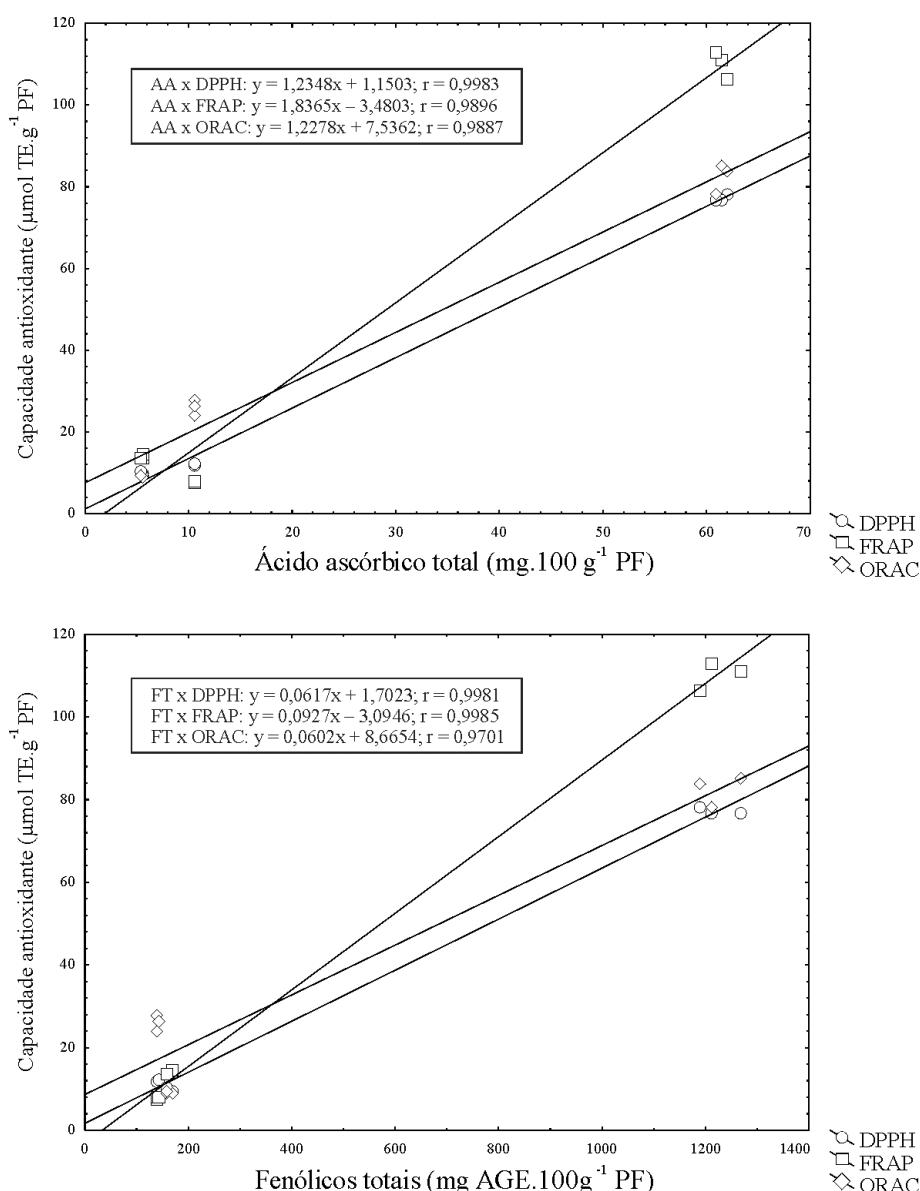


Figura 2. Correlação de Pearson ($p < 0,05$) entre o conteúdo de ácido ascórbico total e fenólicos totais e a capacidade antioxidante das partes comestíveis de frutas nativas do Cerrado avaliada pelos métodos DPPH, FRAP e ORAC.

TE= trolox equivalente; AGE= ácido gálico equivalente; PF= peso fresco; AA= ácido ascórbico total; FT= fenólicos totais.

Vários compostos são responsáveis pela capacidade antioxidante de frutas, incluindo algumas vitaminas e minerais, e os compostos fenólicos. Dentre estes, destacam-se os flavonoides, por apresentar elevada capacidade de sequestrar radicais livres e quelar íons metálicos, protegendo assim os tecidos dos danos oxidativos. Nas frutas, os flavonoides normalmente são encontrados livres (agliconas) ou ligados a açúcares (glicosilados), o que influencia na determinação quantitativa desses compostos (IGNAT; VOLFF; POPA, 2011).

Neste estudo, os teores de flavonoides foram expressos como aglicona. Entre as frutas analisadas, o perfil de flavonoides variou consideravelmente. Quercetina e seus derivados foram detectados na cagaita e no caju-do-cerrado (Figura 3). O conteúdo de quercetina encontrado nessas duas frutas foi inferior ao de frutas como acerola (4,1 a 5,3 mg.100g⁻¹), maçã (3,7 a 7,5 mg.100g⁻¹) e pitanga (5,5 a 6,2 mg.100g⁻¹) (HOFFMANN-RIBANI; HUBER; RODRIGUEZ-AMAYA, 2009). Compostos derivados de kaempferol foram detectados apenas na cagaita. Genovese et al. (2008) também identificaram derivados de quercetina e kaempferol em polpa comercial de cagaita produzida no estado de São Paulo (Brasil). Catequina e etil galato foram detectados somente na gabioba (Figura 3). O conteúdo relevante de catequina na gabioba pode estar associado à sua elevada capacidade antioxidante, bem superior à da cagaita e do caju-do-cerrado. Resultados semelhantes foram relatados em frutos inteiros de gabioba procedentes de Goiás (Brasil), confirmando a presença predominante de catequina e traços de etil galato nesta fruta (MALTA et al., 2012). Estudos *in vivo* têm evidenciado que as catequinas possuem propriedades anti-inflamatória, antibacteriana, antioxidante, antimutagênica e anticarcinogênica (CABRERA; ARTACHO; GIMÉNEZ, 2006; WU; BUTLER, 2011), o que sugere a relevância do consumo frequente de alimentos fonte de catequina, como a gabioba, para a saúde da população. Apenas o caju-do-cerrado apresentou quantidade detectável de antocianinas, especialmente como derivados de cianidina (0,83 mg.100g⁻¹). Entretanto, esta quantidade foi inferior aos valores observados por Koponen et al. (2007), para três cultivares de morango (1,2 a 5,0 mg.100g⁻¹). Ressalta-se que este é o primeiro estudo a identificar e quantificar o teor de flavonoides em caju-do-cerrado.

Os resultados dessa pesquisa ressaltam a importância das frutas nativas do Cerrado como fontes relevantes de antioxidantes naturais, para saúde pública e para ciência dos alimentos. No entanto, estudos adicionais são necessários para aumentar a produtividade e a disponibilidade dessas frutas no mercado. Além disso, a padronização dos métodos de capacidade antioxidante é fundamental para facilitar as comparações entre os estudos e assim permitir maiores inferências a respeito do potencial bioativo dessas matrizes alimentares.

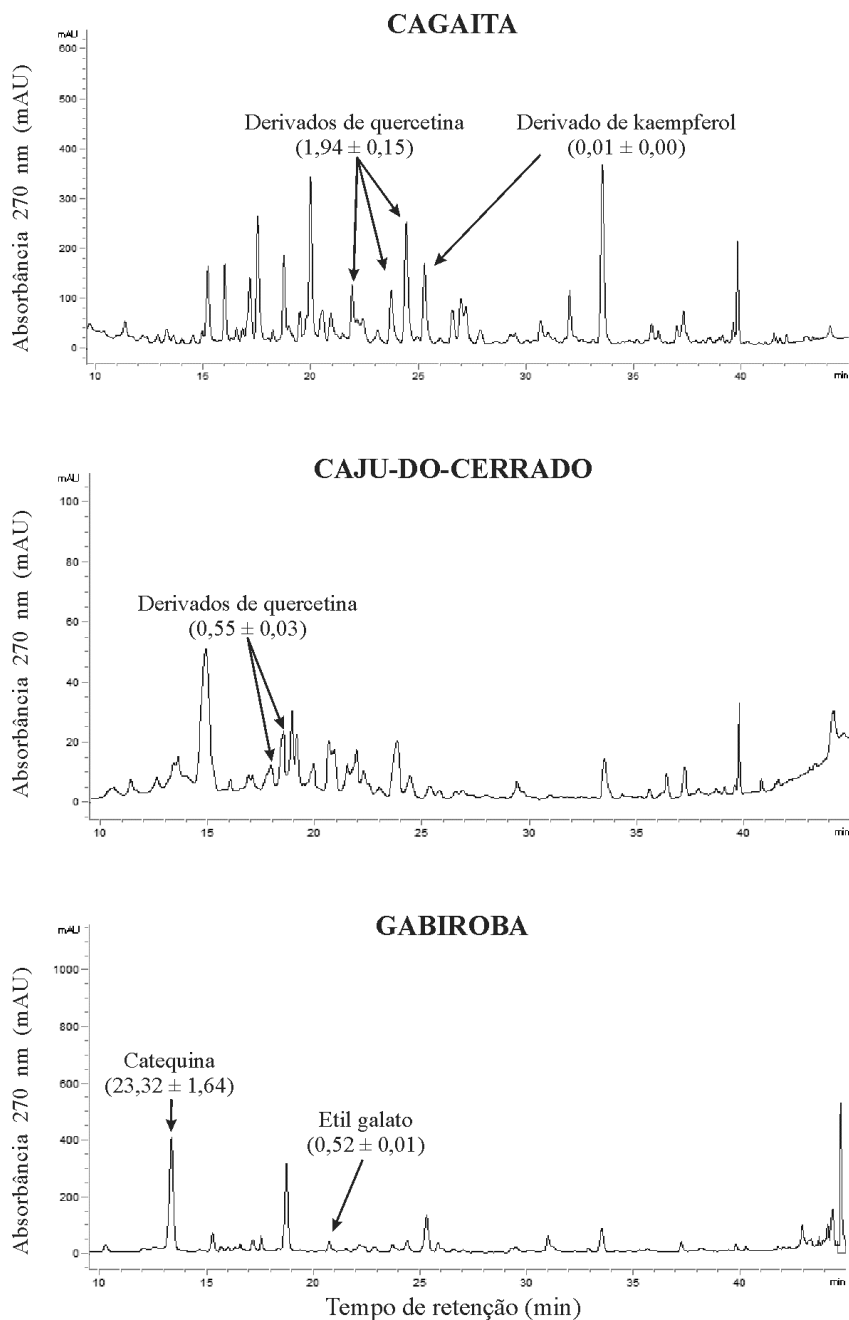


Figura 3. Cromatogramas obtidos em 270 nm, e conteúdo de flavonoides¹ das partes comestíveis de frutas nativas do Cerrado, analisados por CLAE-DAD.

¹ Valores correspondem a média $\pm$ desvio-padrão, em mg.100g⁻¹ PF.

4 CONCLUSÕES

A cagaita, o caju-do-cerrado e a gabirola, frutas nativas do Cerrado, constituem fontes de compostos bioativos com importante capacidade antioxidante. A gabirola (C.

adamantium) destaca-se das demais pelo seu importante teor de vitamina C e compostos fenólicos, sobretudo catequina, e por sua elevada capacidade antioxidante. O conteúdo de ácido ascórbico total e de compostos fenólicos contribuiu de forma relevante para a capacidade antioxidante das frutas analisadas. Além disso, a capacidade antioxidante de matrizes alimentares com alto teor de umidade e de fenólicos totais pode ser avaliada pelos métodos DPPH, FRAP e ORAC, pela elevada correlação existente entre eles.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro, e ao Professor Dr. Ronaldo Veloso Naves, pelo auxílio na coleta das frutas.

REFERÊNCIAS

- ABE, L. T.; LAJOLO, F. M.; GENOVESE, M. I. Comparison of phenol content and antioxidant capacity of nuts. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, supl. 1, p. 254-259, 2010.
- ALMEIDA, M. M. B.; SOUSA, P. H. M.; ARRIAGA, A. M. C.; PRADO, G. M.; MAGALHÃES, C. E. C.; MAIA, G. A.; LEMOS, T. L. G. Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh exotic fruits from northeastern Brazil. **Food Research International**, Essex, v. 44, n. 7, p. 2155-2159, 2011.
- AOAC - Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis**. 17. ed. Arlington: AOAC, 2002. 1115 p.
- BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT - Food Science and Technology**, London, v. 28, n. 1, p. 25-30, 1995.
- CARDOSO, L. M.; MARTINO, H. S. D.; MOREIRA, A. V. B.; RIBEIRO, S. M. R.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M. Cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.) of the Cerrado of Minas Gerais, Brazil: physical and chemical characterization, carotenoids and vitamins. **Food Research International**, Essex, v. 44, n. 7, p. 2151-2154, 2011.
- CABRERA, C.; ARTACHO, R.; GIMÉNEZ, R. Beneficial effects of green tea - A review. **Journal of the American College of Nutrition**, New York, v. 25, n. 2, p. 79-99, 2006.

CONTRERAS-CALDERÓN, J.; CALDERÓN-JAIMES, L.; GUERRA-HERNÁNDEZ, E.; GARCÍA-VILLANOVA, B. Antioxidant capacity, phenolic content and vitamin C in pulp, peel and seed from 24 exotic fruits from Colombia. **Food Research International**, Essex, v. 44, n. 7, p. 2047-2053, 2011.

DÁVALOS, A.; GÓMEZ-CORDOVÉS, C.; BARTOLOMÉ, B. Extending applicability of the oxygen radical absorbance (ORAC) assay. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 52, n. 1, p. 48-54, 2004.

DU, J.; CULLEN, J. J.; BUETTNER, G. R. Ascorbic acid: chemistry, biology and the treatment of cancer. **Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Reviews on Cancer**, Amsterdam, v. 1826, n. 2, p. 443-457, 2012.

FERREIRA, L. C.; GRABE-GUIMARÃES, A.; PAULA, C. A.; MICHEL, M. C. P.; GUIMARÃES, R. G.; REZENDE, S. A.; SOUZA FILHO, J. D.; SAÚDE-GUIMARÃES, D. A. Anti-inflammatory and antinociceptive activities of *Campomanesia adamantium*. **Journal of Ethnopharmacology**, Limerick, v. 145, n. 1, p. 100-108, 2013.

GENOVESE, M. I.; PINTO, M. S.; GONÇALVES, A. E. S. S.; LAJOLO, F. M. Bioactive compounds and antioxidant capacity of exotic fruits and commercial frozen pulps from Brazil. **Food Science and Technology International**, London, v. 14, n. 3, p. 207-214, 2008.

HASSIMOTTO, N. M. A.; GENOVESE, M. I.; LAJOLO, F. M. Identification and characterisation of anthocyanins from wild mulberry (*Morus nigra* L.) growing in Brazil. **Food Science and Technology International**, London, v. 13, n. 1, p. 17-25, 2007.

HASSIMOTTO, N. M. A.; MOTA, R. V.; CORDENUNSI, B. R.; LAJOLO, F. M. Physico-chemical characterization and bioactive compounds of blackberry fruits (*Rubus* sp.) grown in Brazil. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 4, p. 702-708, 2008.

HOFFMANN-RIBANI, R.; HUBER, L. S.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Flavonols in fresh and processed Brazilian fruits. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 22, n. 4, p. 263-268, 2009.

HUANG, D.; OU, B.; PRIOR, R. L. The chemistry behind antioxidant capacity assays: reviews. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 53, n. 6, p. 1841-1856, 2005.

IGNAT, I.; VOLF, I.; POPA, V. I. A critical review of methods for characterization of polyphenolic compounds in fruits and vegetables. **Food Chemistry**, Barking, v. 126, n. 4, p. 1821-1835, 2011.

IOM - Institute of Medicine. **Dietary Reference Intakes research synthesis**: workshop summary. Washington: The National Academies Press, 2006. 298 p.

JOSHIPURA, K. J.; HUNG, H. C.; LI, T. Y.; HU, F. B.; RIMM, E. B.; STAMPFER, M. J.; COLDITZ, G.; WILLETT, W. C. Intakes of fruits, vegetables and carbohydrate and the risk of CVD. **Public Health Nutrition**, Wallingford, v. 12, n. 1, p. 115-121, 2009.

KOPONEN, J. M.; HAPPONEN, A. M.; MATTILA, P. H.; TORRONEN, A. R. Contents of anthocyanins and ellagitannins in selected foods consumed in Finland. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 55, n. 4, p. 1612-1619, 2007.

LIM, Y. Y.; LIM, T. T.; TEE, J. J. Antioxidant properties of several tropical fruits: a comparative study. **Food Chemistry**, Barking, v. 103, n. 3, p. 1003-1008, 2007.

LIMA, T. B.; SILVA, O. N.; OLIVEIRA, J. T. A.; VASCONCELOS, I. M.; SCALABRIN, F. B.; ROCHA, T. L.; GROSSI-DE-SÁ, M. F.; SILVA, L. P.; GUADAGNIN, R. V.; QUIRINO, B. F.; CASTRO, C. F. S.; LEONARDECZ, E.; FRANCO, O. L. Identification of *E. dysenterica* laxative peptide: a novel strategy in the treatment of chronic constipation and irritable bowel syndrome. **Peptides**, New York, v. 31, n. 8, p. 1426-1433, 2010.

LUIZ-FERREIRA, A.; ALMEIDA, A. N. A.; COLA, M.; BARBASTEFANO, V.; ALMEIDA, A. B. A.; BATISTA, L. M.; FARIAS-SILVA, E.; PELLIZZON, C. H.; HIRUMA-LIMA, C. A.; SANTOS, L. C.; VILEGAS, W.; BRITO, A. R. M. S. Mechanisms of the gastric antiulcerogenic activity of *Anacardium humile* St. Hil on ethanol-induced acute gastric mucosal injury in rats. **Molecules**, Basel, v. 15, n. 10, p. 7153-7166, 2010.

MALTA, L. G.; GHIRALDINI, F. G.; REIS, R.; OLIVEIRA, M. V.; SILVA, L. B.; PASTORE, G. M. *In vivo* analysis of antigenotoxic and antimutagenic properties of two Brazilian Cerrado fruits and the identification of phenolic phytochemicals. **Food Research International**, Essex, v. 49, n. 1, p. 604-611, 2012.

OUDE GRIEP, L. M.; GELEIJNSE, J. M.; KROMHOUT, D.; OCKÉ, M. C.; VERSCHUREN, W. M. Raw and processed fruit and vegetable consumption and 10-year coronary heart disease incidence in a population-based cohort study in the Netherlands. **Plos One**, San Francisco, v. 5, n. 10, p. 1-6, 2010.

PEREIRA, M. C.; STEFFENS, R. S.; JABLONSKI, A.; HERTZ, P. F.; RIOS, A. O.; VIZZOTTO, M.; FLORES, S. H. Characterization and antioxidant potential of Brazilian fruits from the Myrtaceae family. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 60, n. 12, p. 3061-3067, 2012.

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

PULIDO, R.; BRAVO, L.; SAURA-CALIXTO, F. Antioxidant activity of dietary as determined by a modified ferric reducing/antioxidant power assay. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 48, n. 8, p. 3396-3402, 2000.

ROCHA, W. S.; LOPES, R. M.; SILVA, D. B.; VIEIRA, R. F.; SILVA, J. P.; AGOSTINI-COSTA, T. S. Compostos fenólicos totais e taninos condensados em frutas nativas do cerrado/Total phenolics and condensed tannins in native fruits from Brazilian savanna. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 4, p. 1215-1221, 2011.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F.; MANCINI-FILHO, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, Barking, v. 121, n. 4, p. 996-1002, 2010.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagent. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 16, n. 3, p. 144-158, 1965.

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 Brazilian fruits. **Food Chemistry**, Barking, v. 134, n. 1, p. 381-386, 2012.

THAIPONG, K.; BOONPRAKOB, U.; CROSBY, K.; CISNEROS-ZEVALLOS, L.; BYRNE, D. H. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 19, n. 6, p. 669-675, 2006.

VASCO, C.; RUALES, J.; KAMAL-ELDIN, A. Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador. **Food Chemistry**, Barking, v. 111, n. 4, p. 816-823, 2008.

WOLFE, K. L.; KANG, X.; HE, X.; DONG, M.; ZHANG, Q.; LIU, R. H. Cellular antioxidant activity of common fruits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 56, n. 18, p. 8418-8426, 2008.

WOOTTON-BEARD, P. C.; RYAN, L. Improving public health?: the role of antioxidant-rich fruit and vegetable beverages. **Food Research International**, Essex, v. 44, n. 10, p. 3135-3148, 2011.

WU, A. H.; BUTLER, L. M. Green tea and breast cancer. **Molecular Nutrition & Food Research**, Weinheim, v. 55, n. 6, p. 921-930, 2011.

PARTE 3

CONCLUSÃO GERAL

A cagaita (*Eugenia dysenterica* DC), o caju-do-cerrado (*Anacardium othonianum* Rizz.) e a gabirola (*Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg) constituem frutas nativas do Cerrado com alto teor de umidade e de fibra alimentar e um conteúdo considerável de ferro não-heme. As frutas analisadas podem ser consideradas fontes de compostos bioativos, sobretudo compostos fenólicos, com importante capacidade antioxidante. A gabirola destaca-se por apresentar concentração superior de compostos bioativos e elevada capacidade antioxidante em relação à cagaita e ao caju-do-cerrado. O conteúdo de ácido ascórbico total e de compostos fenólicos está fortemente relacionado com a capacidade antioxidante das frutas estudadas. Além disso, a capacidade antioxidante da cagaita, do caju-do-cerrado e da gabirola, matrizes alimentares com alto teor de umidade e de fenólicos totais, apresenta correlação elevada entre os métodos ABTS, DPPH, FRAP e ORAC.

As contribuições do presente estudo reforçam a importância das frutas nativas para consumo *in natura* e para aplicação nas indústrias alimentícia e farmacêutica, e incentivam o aproveitamento integral das frutas, podendo melhorar a qualidade nutricional de dietas e reduzir o desperdício de alimentos. No entanto, estudos adicionais são necessários para padronizar os métodos de avaliação da capacidade antioxidante e para promover o cultivo dessas frutas em escala comercial, e consequentemente, aumentar a produtividade e a disponibilidade de frutas nativas no mercado.