

LEANDRO DE MORAIS CARDOSO

**ARATICUM, CAGAITA, JATOBÁ, MANGABA E PEQUI DO
CERRADO DE MINAS GERAIS: OCORRÊNCIA E CONTEÚDO
DE CAROTENÓIDES E VITAMINAS**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Ciência da Nutrição, para obtenção do
título de *Magister Scientiae*.

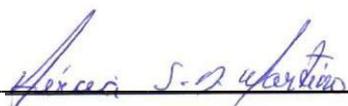
VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2011

LEANDRO DE MORAIS CARDOSO

**ARATICUM, CAGAITA, JATOBÁ, MANGABA E PEQUI DO CERRADO DE
MINAS GERAIS: OCORRÊNCIA E CONTEÚDO DE CAROTENÓIDES E
VITAMINAS**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Ciência da Nutrição, para obtenção do
título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 18 de fevereiro de 2011.



Prof^ª. Hércia Stampini Duarte Martino
(Co-Orientadora)



Prof^ª. Sônia Machado Rocha Ribeiro
(Co-Orientadora)


Prof. Luiz Cláudio de Almeida Barbosa
Prof^ª. Elizabethe Adriana Esteves
Prof^ª. Helena Maria Pinheiro Sant'Ana
(Orientadora)

*Agradeço à Deus que me deu forças, coragem para lutar e serenidade
diante de cada obstáculo.*

*Dedico a meus pais Maria e Antônio Paulo, à minhas irmãs
Graciliane, Simone e Paloma e à minha amiga-irmã Simone Santos.*

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Nutrição e Saúde (DNS), pela oportunidade de realização do mestrado.

À Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais, pela concessão das bolsas de mestrado e iniciação científica.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pela concessão de bolsa de iniciação científica.

À Professora Helena Maria Pinheiro Sant'Ana, com toda admiração, meus sinceros agradecimentos, pela orientação segura, pelo estímulo e apoio nos momentos difíceis e pela amizade e confiança em mim depositada.

Às Professoras Hércia Stampini Duarte Martino, Ana Vlândia Moreira Bandeira e Sônia Machado Rocha Ribeiro, pelo incentivo e inestimável colaboração desde a concepção do projeto de pesquisa, realização das análises químicas, até a redação da dissertação e artigos científicos.

À Professora Elizabete Adriana Esteves, pelo apoio logístico para obtenção de alguns frutos, eventuais esclarecimentos, auxílio ao longo da pesquisa, colaboração na redação de artigo científico e por aceitar participar da banca examinadora.

Ao Professor Sebastião César Cardoso Brandão, pela prontidão em ajudar com os métodos de análise de vitaminas.

Ao Professor Luiz Cláudio de Almeida Barbosa, pelo empréstimo da coluna cromatográfica para análise de vitamina E e por aceitar participar da banca examinadora.

À Professor Valéria Montezzi Guimarães, pelo empréstimo da bomba peristáltica para análise de folatos.

À vitaminad@ Daniela da Silva Oliveira, que me concedeu preciosos ensinamentos sobre análise de carotenóides e vitaminas, em especial, os referentes ao uso dos sistemas de cromatografia líquida de alta eficiência. Obrigado pela amizade, carinho e conversas no Laboratório de Análise de Vitaminas (LAV).

Às vitaminad@s, bolsistas de Iniciação Científica e Amigas Bárbara

de Lazzari Reis, Sabrina de Freitas Bedetti e Priscila Rossini Gomes Santos, pela total dedicação e disponibilidade; pelas boas conversas e confidências; e, principalmente, pelo companheirismo e amizade. Não conseguiria ter chegado até aqui sem vocês.

À vitaminad@ Thalita Azevedo Cabral, pessoa especial, exemplo de força e perseverança. Obrigado pela motivação, carinho, confiança e amizade.

Aos vitaminad@s Carlos Mário da Silveira, Ceres Mattos Della Lucia, Elizângela Rodrigues da Silva, Fabiana Rossi Hamacek, Jéssica Miranda Bulthers, Laura Luiza Menezes Santos, Letícia Linhares da Silva, Priscila Peixoto de Aquino, pelo apoio, risadas, companheirismo e eventual ajuda.

À Júlia Carraro, Luana Correia e Naty Crepalde, grandes Amigas que Deus me concedeu em Viçosa. Obrigado por todo carinho, pelas conversas sérias ou não, pelos risos, pela confiança e pelas farras e festas.

À Cíntya Soares, pelo carinho e consideração que sempre, com pequenos gestos, demonstrou ter por mim.

Aos meus colegas de pós-graduação Caio Eduardo, Carol Coelho, Daniela Silva, Dayse Mara, Érica Moraes, Larissa Fortunado, Lívia Bordalo, Mayla Simplício, Morgana Crizel, Roberta Cecon e Tatiane Fische, pela convivência extremamente agradável.

Aos técnicos de laboratório do DNS Ricardo de Brito, Isabel do Carmo, Cassiano Oliveira, pelo auxílio na realização das atividades e análises realizadas nos Laboratórios de Análise de Alimentos; Desenvolvimentos de Novos Produtos; e Nutrição Experimental.

Às secretárias do DNS Alessandra Coimbra, Maria das Graças Ferreira, Minorina Santiago e Rita Stampini, pelos bons momentos e conversa agradável, nos raros momentos em que tivemos tempo para isso.

Aos meus pais Antônio Paulo e Maria por não medirem esforços para a realização dos meus objetivos. Muito obrigado por tudo, pois sem o apoio de vocês nada disso faria sentido.

Aos meus padrinhos Natalício e Maria Antônia, pelo estímulo e sempre apoiarem minhas escolhas.

À minhas irmãs Graciliane, Simone e Paloma, pelo auxílio e apoio em todos os momentos ao longo desses anos.

À minha amiga-irmã Simone Santos, pela amizade, carinho, confiança e apoio demonstrados em todos os momentos dos últimos sete anos.

Aos amigos de Curvelo, Cíntia Santos e Fred Leal, que insistem em resistir ao tempo e a minha presença não muito constante.

A meu pai Antônio Paulo, sua esposa Geralda Trindade, minhas irmãs Graciliane Cardoso e Paloma Cardoso, pelo apoio logístico na coleta e transporte dos frutos do Cerrado.

A todos cujos nomes não foram citados, mas que, cada qual a sua maneira, fizeram com que esses anos em Viçosa fossem os melhores possíveis... Muito Obrigado!!

“Não sei...

Se a vida é curta ou longa para nós...

*Mas sei que nada do que vivemos tem sentido se não tocarmos o coração das
pessoas.*

Muitas vezes basta ser:

Colo que acolhe,

Braço que envolve,

Palavra que conforta,

Silêncio que respeita,

Alegria que contagia

Lágrima que corre,

Olhar que acaricia,

Desejo que sacia,

Amor que promove.

E isso não é coisa de outro mundo, é o que dá sentido à vida.

*É o que faz com que ela não seja nem curta, nem longa demais, mas que seja intensa,
verdadeira, pura enquanto durar.*

Feliz aquele que transfere o que sabe e aprende o que ensina.”

Cora Coralina

SUMÁRIO

| | |
|--|------|
| LISTA DE TABELAS | viii |
| LISTA DE FIGURAS | ix |
| RESUMO | xi |
| ABSTRACT | xiii |
| 1. INTRODUÇÃO | 1 |
| 2. OBJETIVOS | 4 |
| 3. MATERIAIS E MÉTODOS..... | 4 |
| 3.1. Matéria prima | 4 |
| 3.2. Equipamentos | 5 |
| 3.3. Reagentes e outros materiais..... | 6 |
| 3.4. Coleta e amostragem | 7 |
| 3.5. Preparo das amostras e obtenção das polpas | 7 |
| 3.6. Delineamento experimental e análise estatística dos dados | 8 |
| 3.7. Caracterização física..... | 8 |
| 3.8. Análises físico-químicas | 9 |
| 3.8.1. Determinação da acidez titulável | 9 |
| 3.8.2. Determinação do pH..... | 9 |
| 3.8.3. Determinação dos sólidos solúveis..... | 10 |
| 3.9. Composição centesimal | 10 |
| 3.9.1. Determinação da umidade..... | 11 |
| 3.9.2. Determinação de fibra alimentar total | 11 |
| 3.9.3. Determinação de lipídios | 12 |
| 3.9.4. Determinação de cinzas totais..... | 12 |
| 3.9.5. Determinação de proteínas..... | 13 |
| 3.9.6. Cálculo de açúcares | 13 |
| 3.9.7. Cálculo do valor energético total..... | 13 |
| 3.10. Determinação de carotenóides e vitaminas | 14 |
| 3.10.1. Extração e análise de carotenóides..... | 14 |
| 3.10.2. Extração e análise de vitamina C | 15 |
| 3.10.3. Extração e análise de vitamina E | 16 |
| 3.10.4. Extração e análise de folatos..... | 18 |
| 3.10.5. Isolamento dos padrões de carotenóides..... | 19 |

| | |
|--|----|
| 3.10.6. Preparo dos padrões de carotenóides e vitaminas..... | 22 |
| 3.10.7. Identificação e quantificação de carotenóides e vitaminas | 23 |
| 3.10.8. Controle de qualidade dos métodos de análise | 24 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 26 |
| 4.1. Caracterização física | 26 |
| 4.1.1. Araticum..... | 26 |
| 4.1.2. Cagaita | 27 |
| 4.1.3. Jatobá | 28 |
| 4.1.4. Mangaba..... | 29 |
| 4.1.5. Pequi..... | 30 |
| 4.2. Caracterização físico-química | 32 |
| 4.3. Composição centesimal | 34 |
| 4.4. Carotenóides e vitaminas | 37 |
| 4.4.1. Qualidade dos métodos de análise..... | 37 |
| 4.4.1.1. Repetibilidade..... | 37 |
| 4.4.1.2. Limite de detecção, limite de quantificação e linearidade.... | 38 |
| 4.4.1.3. Recuperação | 39 |
| 4.4.2. Composição qualitativa | 40 |
| 4.4.2.1. Araticum | 41 |
| 4.4.2.2. Cagaita | 41 |
| 4.4.2.3. Jatobá..... | 42 |
| 4.4.2.4. Mangaba..... | 43 |
| 4.4.2.5. Pequi | 44 |
| 4.5. Conteúdo de carotenóides e vitaminas nos frutos..... | 45 |
| 4.5.1.1. Carotenóides | 45 |
| 4.5.1.2. Vitamina C | 47 |
| 4.5.1.3. Vitamina E | 49 |
| 4.5.1.4. Folatos..... | 50 |
| 4.5.2. Valor nutricional das polpas de frutos do Cerrado como fontes de vitaminas | 52 |
| 5. CONCLUSÕES | 55 |
| 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 57 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1: Coeficientes de absorvidade molar e comprimentos de onda máximos utilizados para cálculo da concentração real dos carotenóides e vitaminas..... | 23 |
| Tabela 2: Características físicas de frutos do araticum (<i>Annona crassiflora</i> Mart.) do Cerrado (Curvelo, Minas Gerais, Brasil)..... | 27 |
| Tabela 3: Características físicas de frutos da cagaita (<i>Eugenia dysenterica</i> DC.) do Cerrado (Felixlândia, Minas Gerais, Brasil)..... | 28 |
| Tabela 4: Características físicas de frutos do jatobá (<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart.) do Cerrado (Curvelo, Minas Gerais, Brasil)..... | 29 |
| Tabela 5: Características físicas de frutos da mangaba (<i>Hancornia speciosa</i> Gomes) do Cerrado (Curvelo, Minas Gerais, Brasil)..... | 30 |
| Tabela 6: Características físicas de frutos do pequi (<i>Caryocar brasiliense</i> Camb.) do Cerrado (Curvelo, Minas Gerais, Brasil)..... | 31 |
| Tabela 7: Características físico-químicas de polpa de araticum, cagaita, jatobá, mangaba e pequi do Cerrado (Minas Gerais, Brasil) ^{1, 2, 3, 4} | 32 |
| Tabela 8: Composição centesimal e valor energético total de polpa de araticum, cagaita, jatobá, mangaba e pequi do Cerrado (Minas Gerais, Brasil)..... | 34 |
| Tabela 9: Repetibilidade dos métodos de análise em polpa de araticum, cagaita, jatobá, mangaba e pequi do Cerrado (Minas Gerais, Brasil)..... | 37 |
| Tabela 10: Limite de detecção, limite de quantificação e linearidade dos padrões de carotenóides e vitaminas. | 38 |
| Tabela 11: Percentual de recuperação dos padrões de carotenóides e vitaminas adicionados em polpa de araticum, cagaita, jatobá, mangaba e pequi do Cerrado (Minas Gerais, Brasil)..... | 40 |
| Tabela 12: Conteúdo de carotenóides em polpa de araticum, cagaita, jatobá, mangaba e pequi do Cerrado (Minas Gerais, Brasil)..... | 46 |
| Tabela 13: Conteúdo de vitamina C em polpa de araticum, cagaita, jatobá, mangaba e pequi do Cerrado (Minas Gerais, Brasil)..... | 48 |
| Tabela 14: Conteúdo de vitamina E em polpa de araticum, cagaita, jatobá, mangaba e pequi do Cerrado (Minas Gerais, Brasil)..... | 49 |
| Tabela 15: Conteúdo de folatos em polpa de araticum, cagaita, jatobá, | |

| | |
|---|----|
| mangaba e pequi do Cerrado (Minas Gerais, Brasil) | 51 |
| Tabela 16: Contribuição das polpas de frutos do Cerrado para o suprimento das recomendações diárias de vitamina A para crianças, adultos e gestantes. | 52 |
| Tabela 17: Contribuição das polpas de frutos do Cerrado para o suprimento das recomendações diárias de vitamina C para crianças, adultos e gestantes. | 53 |
| Tabela 18: Contribuição polpas de frutos do Cerrado para o suprimento das recomendações diárias de vitamina E para crianças, adultos e gestantes.. | 53 |
| Tabela 19: Contribuição das polpas de frutos do Cerrado Mineiro para o suprimento das recomendações diárias de folatos para crianças, adultos e gestantes. | 54 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1: Representação fotográfica de frutos do araticum (<i>Annona crassiflora</i> Mart.)..... | 26 |
| Figura 2: Representação fotográfica de frutos da cagaita (<i>Eugenia dysenterica</i> DC.)..... | 27 |
| Figura 3: Representação fotográfica de frutos do jatobá (<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart.)..... | 29 |
| Figura 4: Representação fotográfica de frutos da mangaba (<i>Hancornia speciosa</i> Gomes)..... | 30 |
| Figura 5: Representação fotográfica de frutos do pequi (<i>Caryocar brasiliense</i> Camb.)..... | 31 |
| Figura 6: Análise por CLAE de carotenóides (A), vitamina C (B), vitamina E (C) e folatos (D) em polpa de araticum (<i>Annona crassiflora</i> Mart.) do Cerrado (Curvelo, Minas Gerais, Brasil)..... | 41 |
| Figura 7: Análise por CLAE de carotenóides (A), vitamina C (B) e folatos (C) em polpa de cagaita (<i>Eugenia dysenterica</i> DC.) do Cerrado (Felixlândia, Minas Gerais, Brasil)..... | 42 |
| Figura 8: Análise por CLAE de carotenóides (A), vitamina C (B), vitamina E (C) e folatos (D) em polpa de jatobá (<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart.) do Cerrado (Curvelo, Minas Gerais, Brasil)..... | 43 |
| Figura 9: Análise por CLAE de carotenóides (A), vitamina C (B), vitamina E (C) e folatos (D) em polpa de mangaba (<i>Hancornia speciosa</i> Gomes) do Cerrado (Curvelo, Minas Gerais, Brasil)..... | 44 |
| Figura 10: Análise por CLAE de carotenóides (A), vitamina C (B), vitamina E (C) e folatos (D) em polpa cozida de pequi (<i>Caryocar brasiliense</i> Camb.) do Cerrado (Curvelo, Minas Gerais, Brasil)..... | 45 |

RESUMO

CARDOSO, Leandro de Moraes, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2011. **Araticum, cagaita, jatobá, mangaba e pequi do Cerrado de Minas Gerais: ocorrência e conteúdo de carotenóides e vitaminas.** Orientadora: Helena Maria Pinheiro Sant'Ana. Co-Orientadoras: Ana Vlândia Moreira Bandeira, Hércia Stampini Duarte Martino, Sônia Machado Rocha Ribeiro.

O Brasil, devido a suas dimensões continentais, possui uma infinidade de biomas, dentre os quais destaca-se o Cerrado. Esse bioma possui uma grande diversidade vegetal que produz frutos que apresentam características peculiares e que devem ser mais bem caracterizados e explorados. A exploração agrícola-econômica dos frutos do Cerrado, por meio do extrativismo, contribui para a geração de renda, em especial de famílias pertencentes a grupos em vulnerabilidade social. Além disso, devido às suas excelentes características nutricionais, esses frutos constituem boa alternativa alimentar podendo contribuir de forma importante na melhoria da alimentação e conseqüentemente no aporte nutricional individual. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar as características físicas, a composição química, a ocorrência e o conteúdo de carotenóides (α -caroteno, β -caroteno, β -criptoxantina e licopeno), vitamina C (ácido ascórbico e ácido desidroascórbico), vitamina E (α -, β -, γ - e δ -tocoferol e tocotrienol) e folatos (tetraidrofolato, 5-metiltetraidrofolato e 5-formiltetraidrofolato) de frutos do Cerrado de Minas Gerais. Foram utilizados frutos do araticum, cagaita, jatobá, mangaba e pequi coletados em época de safra no Cerrado de Minas Gerais. No laboratório, foram avaliadas as características físicas dos frutos (massa, diâmetros, comprimento e rendimento). Foram determinadas a acidez titulável, sólidos solúveis e pH na polpa *in natura* dos frutos. Umidade, cinzas, proteínas, lipídios e fibra alimentar total foram determinadas na polpa *in natura* de araticum, cagaita, mangaba e jatobá, e polpa cozida de pequi. A umidade foi determinada em estufa a 105 °C e as cinzas em mufla a 550 °C. As proteínas foram determinadas pelo método micro-kjeldhal e a fibra alimentar total pelo método gravimétrico não enzimático. Os lipídios foram determinados em

extrator Soxhlet. As análises de vitamina C e carotenóides foram feitas por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), com detecção UV-visível e a de vitamina E e folatos por CLAE, com detecção por fluorescência. Os frutos do Cerrado de Minas Gerais apresentaram cores atrativas e formas variadas. O araticum, a cagaita e a mangaba apresentaram rendimento de polpa elevado enquanto que o pequi e o jatobá apresentaram baixo rendimento de polpa. Os sólidos solúveis nos frutos variaram de 4,84 °Brix, para o jatobá, a 22,54 °Brix, para o araticum. A umidade variou de 8,75 g 100g⁻¹, para o jatobá, a 91,56 g 100g⁻¹, para a cagaita. O jatobá apresentou o maior conteúdo de fibra alimentar (44,28 g 100g⁻¹) e o menor conteúdo de fibra alimentar foi observado na cagaita (1,51 g 100g⁻¹). O teor de lipídios variou de 0,57 g 100g⁻¹, para a cagaita, a 33,07 g 100g⁻¹, para o pequi. O valor energético variou de 29,83 kcal 100g⁻¹, para a cagaita, a 317,19 kcal 100g⁻¹, para o pequi. Os maiores conteúdos de carotenóides foram observados no pequi (8,10 mg 100g⁻¹) e araticum (4,98 mg 100g⁻¹) ($p < 0,05$), os quais mostraram-se excelentes fontes de vitamina A. A cagaita e a mangaba foram excelentes fontes de vitamina C, sendo observados teores de 165,82 e 34,11 mg 100⁻¹, respectivamente. A mangaba mostrou-se excelente fonte de folatos (98,31 µg 100g⁻¹), e o jatobá foi boa fonte dessa vitamina (53,46 µg 100g⁻¹). Os frutos analisados não foram fontes de vitamina E. Os frutos do Cerrado de Minas Gerais apresentaram excelente valor nutricional, sendo alguns deles ricos em macronutrientes, como fibra alimentar e lipídios, e micronutrientes, como carotenóides e vitaminas. Esses frutos constituem uma importante alternativa alimentar podendo contribuir para o acesso a uma alimentação adequada, em especial em regiões que possuem elevado nível de insegurança alimentar e onde alimentos tradicionais da dieta brasileira e considerados fontes desses nutrientes podem estar escassos ou ausentes.

Palavras Chave: Frutos do Cerrado; CLAE; *Annona crassiflora* Mart.; *Eugenia dysenterica* DC.; *Hymenaea stigonocarpa* Mart.; *Hancornia speciosa* Gomes.; *Caryocar Brasilense* Camb..

ABSTRACT

CARDOSO, Leandro de Morais, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2011. **Araticum, cagaita, jatobá, mangaba and pequi from the Cerrado of Minas Gerais: occurrence and content of carotenoids and vitamins.** Advisor: Helena Maria Pinheiro Sant'Ana. Co-Advisors: Ana Vlândia Moreira Bandeira, Hércia Stampini Duarte Martino, Sônia Machado Rocha Ribeiro.

Due to its continental dimensions, the Brazil has infinity of biomes, among them stands out the Cerrado. This biome presents a wide vegetable diversity that produces fruit that have unique characteristics and should be better characterized and exploited. The agricultural-economic exploration of the fruits from the Cerrado contributes to income generation, especially in families belonging to vulnerable socially groups. Moreover, due to its excellent nutritional characteristics, these fruits constitute a good alternative food may play an important role in improving the human nutrition. In this context, the present study aimed to evaluate the physical characteristics, chemical composition, the occurrence and content of carotenoids (α -carotene, β -carotene, β -cryptoxanthin and lycopene), vitamin C (ascorbic acid and dehydroascorbic acid), vitamin E (α -, β -, γ -and δ -tocopherol and tocotrienol) and folates (tetrahydrofolate, 5-methyltetrahydrofolate and 5-formyltetrahydrofolate) in fruits of the Cerrado of the Minas Gerais. Araticum, cagaita, jatobá, mangaba and pequi of the Cerrado of Minas Gerais were used. The fruits were collected in harvest season, selected according to maturation degree and absence of injuries, and sanitized. Subsequently, measurements mass, diameters and length were performed and the fruit pulp yield calculated. The values of titratable acidity, soluble solids, pH in the fresh pulp of the fruits were determined. Moisture, ash, proteins, lipids and total dietary fiber were determined in the fresh pulp of araticum, cagaita, jatobá and mangaba, and pequi pulp cooked. The moisture was determined in greenhouse at 105 °C, and the ash in muffle at 550 °C. The proteins were determined by the micro-kjeldhal method, and the total dietary fiber, by the non-enzymatic gravimetric method. Lipid contents were determined in Soxhlet extractor. The analyses of vitamin C and carotenoids were carried

out by HPLC-DAD and of vitamin E and folates, by HPLC, with fluorescence detection. The fruits of the Cerrado of Minas Gerais showed attractive colors and several shapes. The araticum, cagaita and mangaba showed high pulp yield, while pequi and jatobá presented low pulp yield. The soluble solids in fruits ranged from 4.84 °Brix for the jatobá, to 22.54 °Brix, for araticum. The moisture ranged from 8.75 g 100g⁻¹, for the jatobá, the 91.56 g 100g⁻¹, for cagaita. The jatobá presented the greater content of dietary fiber (44.28 g 100g⁻¹) and low content of dietary fiber was observed in cagaita (1.51 g 100g⁻¹). The lipid content ranged from 0.57 g 100g⁻¹, for cagaita, to 33.07 g 100g⁻¹, for pequi. The energy value ranged from 29.83 kcal 100g⁻¹, for cagaita, to 317.19 kcal 100g⁻¹, for pequi. The greater carotenoid contents were observed in pequi (8.10 mg 100g⁻¹) and araticum (4.98 mg 100g⁻¹) ($p < 0.05$), which were excellent sources of vitamin A. The cagaita and mangaba were excellent sources of vitamin C begin observed contents of 165.82 and 34.11 mg 100⁻¹, respectively. Mangaba provide to be excellent source of folates (98.31 mg 100g⁻¹), and jatobá was good source of this vitamin (53.46 mg 100g⁻¹). The fruits were not considered sources of vitamin E. Araticum, cagaita, jatobá, mangaba and pequi of the Cerrado from the Minas Gerais presented excellent nutritional value. Some of these fruits provide to be rich in macronutrients such as dietary fiber and lipids, and micronutrients such as carotenoids and vitamins. These fruits proved to be an important alternative food can contribute to access to adequate food, particularly in regions with high level of food insecurity and where traditional food of the Brazilian diet and considered sources of these nutrients may be scarce or absent.

Keywords: Cerrado fruits; HPLC; *Annona crassiflora* Mart.; *Eugenia dysenterica* DC.; *Hymenaea stigonocarpa* Mart.; *Hancornia speciosa* Gomes.; *Caryocar Brasilense* Camb..

1. INTRODUÇÃO

O Cerrado é o segundo maior bioma do Brasil e da América do Sul, perdendo em extensão somente para a Floresta Amazônica. Abrange uma área que corresponde a 22% do território brasileiro, estendendo-se pelos estados de Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Tocantins, Bahia, Piauí, Maranhão e Distrito Federal (PROENÇA et al., 2000).

Dentre os biomas brasileiros, o Cerrado é o mais característico e próprio do país (NETO; MORAIS, 2003) ocupando posição de destaque devido à sua biodiversidade vegetal que é utilizada de diversas formas. O uso da biodiversidade nativa do Cerrado tem grande importância para populações rurais e seu manejo sustentável possui grande potencial para se tornar elemento estratégico à conservação dos ecossistemas. No entanto, a forma de expansão agrícola do Brasil tem desprezado o potencial de uso das espécies nativas do Cerrado reduzindo a cobertura original desse bioma e comprometendo a conservação da sua rica flora (FONSECA; SANO, 2003).

Inúmeras árvores nativas do Cerrado produzem frutos que possuem características sensoriais altamente apreciadas pela população. Esses frutos desempenham importante papel econômico visto que contribuem para a geração de renda principalmente de indivíduos pertencentes a grupos em vulnerabilidade social. A obtenção desses frutos se dá pelos catadores que participam do extrativismo do Cerrado e que na maioria das vezes, fazem parte de famílias de baixa renda, sendo envolvidas nessa tarefa até mesmo as crianças. Como essa produção é sazonal, na entressafra, essas pessoas têm que buscar outras atividades para garantir sua subsistência (RIBEIRO, 2000).

Os frutos do Cerrado ocupam posição de destaque não somente devido ao seu potencial econômico e contribuição na geração de renda, mas, principalmente, devido ao seu aproveitamento alimentar. O uso desses frutos como complemento alimentar contribui diretamente para a realização do direito à alimentação adequada e garantia da Segurança Alimentar e

Nutricional. Esses frutos, fonte de energia, açúcares e micronutrientes, são capazes de contribuir para a obtenção de uma dieta variada e rica em nutrientes.

Além disso, o consumo de frutos do Cerrado pode estar associado a inúmeros benefícios atribuídos ao consumo de frutas em geral, tais como uma menor incidência e mortalidade por câncer, doenças cardiovasculares e cerebrovasculares. A proteção que as frutas oferecem ao organismo está associada, em grande parte, à presença de constituintes químicos com propriedades antioxidantes como os carotenóides, vitamina C, vitamina E e folatos (BUSTAMANTE-RANGEL et al., 2007; RAO; RAO, 2007; SCHWARTZ et al., 2008; MAIANI et al., 2009).

Os carotenóides são pigmentos naturais que possuem um papel muito importante na fisiologia dos frutos (RODRIGUEZ-AMAYA; KIMURA, 2004). No organismo humano, alguns carotenóides são passíveis de conversão em vitamina A e, como tal, desempenham um importante papel nutricional. Em países em desenvolvimento, onde os produtos de origem animal (fontes de vitamina A pré-formada) não são economicamente acessíveis para toda a população, a vitamina A da dieta é proveniente principalmente das provitaminas A como α - e β -caroteno e β -criptoxantina presentes em frutas e hortaliças (RODRIGUEZ-AMAYA, 1989).

Além da atuação como precursores de vitamina A, os carotenóides apresentam atividade antioxidante, atuam no desenvolvimento e diferenciação celular, na proteção do organismo contra desordens degenerativas, na prevenção e tratamento de patologias como doenças cardiovasculares, catarata, desordens fotossensíveis e do sistema imunológico (NISHINO, 1998; TAPIERO et al., 2004; MURSU et al., 2008).

A vitamina C está amplamente distribuída em diversas espécies vegetais, principalmente, na forma de ácido ascórbico (AA) (GALGANO et al., 2002). Apesar do AA ser a principal forma biologicamente ativa, o ácido desidroascórbico (ADA) também exibe atividade biológica, uma vez que pode ser facilmente convertido em AA no organismo humano (LEE; KADER, 2000). Dessa forma é importante mensurar tanto AA quanto ADA em frutas para encontrar o conteúdo total de vitamina C.

Por apresentar excelente atividade antioxidante, a vitamina C faz parte da primeira linha de defesa contra radicais derivados do oxigênio (superóxidos, radicais hidroxilas e oxigênio singlete) em meio aquoso (HERNÁNDEZ et al., 2006) e pode regenerar a forma reduzida do tocoferol (NAGAOKA et al., 2007). Além disso, a vitamina C atua na absorção de ferro de origem vegetal, aumentando a biodisponibilidade do ferro-não-hemínico de 2,2 a 4 vezes.

A vitamina E é um grupo de compostos (α -, β -, γ - e δ -tocoferol e tocotrienol), encontrados em maior quantidade em óleos vegetais, germe de trigo e fígado, e que desempenha papel especialmente importante na reprodução normal e em mecanismos antioxidantes de tecidos animais e vegetais (CHEN et al., 1998; AZZI; STOCKER, 2000). É considerada um dos antioxidantes biológicos mais eficientes, atuando no bloqueio das reações em cadeia dos radicais livres, protegendo membranas citoplasmáticas da oxidação. Além disso, a vitamina E reduz o risco de progressão de diversos tipos de câncer (BUSTAMANTE-RANGEL et al., 2007) e o risco de desenvolver doenças crônicas não transmissíveis (SCHWARTZ et al., 2008).

Os folatos são, em sua maioria, derivados poliglutâmicos que estão presentes principalmente em hortaliças verde-escuras, como espinafre, brócolis, couve manteiga e couve de Bruxelas, e em outros vegetais, como couve-flor, aspargos, milho e frutas (GONZÁLEZ; CARBALLO, 2003). No organismo humano, esses compostos atuam como cofator essencial das reações de transferências de unidades monocarbono, incluindo a biossíntese de purinas e pirimidinas, bem como as interconversões de aminoácidos. Além disso, os folatos atuam na interconversão de serina e glicina, participam no catabolismo da histidina e na interconversão de homocisteína em metionina, reação que requer vitamina B₁₂ como coenzima e 5-metiltetraidrofolato como substrato (EICHHOLZER et al., 2006).

Apesar das inúmeras potencialidades dos frutos do Cerrado, poucos são os dados disponíveis na literatura especializada referentes ao conteúdo de carotenóides e vitamina C em frutos do Cerrado, especialmente, utilizando métodos de análise confiáveis como a cromatografia líquida de alta eficiência. Informações sobre a presença e o conteúdo de vitamina E e

folatos em frutas em geral também são escassas na literatura, sendo observado um reduzido número de publicações referentes ao tema e a inexistência de informações sobre a presença dessas vitaminas em frutos exóticos como o araticum, cagaita, jatobá, mangaba e pequi.

A escassez de informações nutricionais sobre os frutos do Cerrado mostra a importância desse estudo, bem como a necessidade da realização de novas pesquisas que investiguem a presença e o conteúdo de carotenóides e vitaminas em frutos do Cerrado. Os frutos estudados são nativos do Cerrado Mineiro, consumidos por populações localizadas nesse bioma e apresentam-se como fontes potenciais e importantes de vitaminas e carotenóides. A proposta deste estudo torna-se ainda mais relevante ao levar em consideração o contexto social no qual esses frutos se inserem e as funções fisiológicas dos carotenóides e vitaminas, bem como as consequências das suas deficiências, ainda que marginais.

2. OBJETIVOS

Avaliar as características físicas, físico-químicas, a composição centesimal, a ocorrência e o conteúdo de carotenóides, vitamina C, vitamina E e folatos em frutos do Cerrado de Minas Gerais.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Matéria prima

Foram utilizados frutos do araticum (*Annona crassiflora* Mart.), cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.), jatobá (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.), mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) e pequi (*Caryocar Brasilense* Camb.) oriundos de áreas de vegetação nativa com formação típica de Cerrado, localizadas na zona rural do estado de Minas Gerais. Os frutos do araticum, mangaba, jatobá e pequi foram coletados no município de Curvelo (latitude sul 18°45' e longitude oeste 44°25'). A cagaita foi coletada no município de Felixlândia

(latitude sul 18°15' e longitude oeste 44°55').

3.2. Equipamentos

Para as etapas de preparo das amostras, caracterização física, análises químicas, extração de carotenóides e vitaminas, e preparo da fase móvel foram utilizados: processador de alimentos doméstico (Faet Multipratic, MC5), balança semi-analítica (Gehaka, BG 2000), câmera fotográfica digital (Sony Ericsson, DSC-W320), paquímetro digital (Mitutoyo), refratômetro óptico (Analytik Jena), pHmetro (Hexis, UB10), extrator Soxhlet (Eletrothermo, 500WX), mufla (Quimis), destilador de nitrogênio (Solab), bloco digestor (Gerhardt, Kjeldatherm), microtritador (Marconi, MA 102), bomba de vácuo (Fanem, CA), bomba de vácuo (Tecnal, TE-058), centrífuga (Excelsa Baby II, com cruzeta angular 4 x 100 mL, Fanem, 206-R), evaporador rotativo (Quimis, modelo 344.1), evaporador rotativo (Tecnal, TE-211), espectrofotômetro (Shimadzu, UV 1601), espectrofotômetro (Thermo Scientific, Evolution 60S), bomba peristáltica (Pharmacia Biotech, P1), sistema de filtração para fase móvel (All Glass), sistema de ultrapurificação de água (Millipore, Direct Q UV 3) e degaseificador ultrassônico (Odontobrás, T-14).

Para análise de carotenóides e vitamina C, utilizou-se sistema de cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) (Shimadzu, SCL 10AT VP) constituído de bomba de alta pressão (LC-10AT VP), injetor automático com alça de amostragem de 50 µL (SIL-10AF) e detector de arranjo de diodos (DAD) (SPD-M10A). Para análise de vitamina E e folatos foi empregado um sistema CLAE (Shimadzu, SCL 10AD VP) constituído de bomba de alta pressão com válvula para gradiente quaternário de baixa pressão (LC-10AD VP), injetor automático com alça de amostragem de 50 µL (SIL-10AF), sistema de degaseificação de fase móvel com gás hélio (DGU-2 A) e detector de fluorescência (RF-10A XL). Os sistemas CLAE foram controlados pelo *software Multi System, Class Vp 6.12*.

3.3. Reagentes e outros materiais

Para realização das análises químicas e preparo dos extratos de carotenóides e vitaminas foram utilizados os seguintes reagentes grau analítico: acetato de etila, butilhidroxitolueno (BHT), Celite[®], éter etílico, fosfato de sódio monobásico (NaH₂PO₄) e isopropanol (Synth, Brasil); hexano, éter de petróleo e acetona (Impex, Brasil); cloreto de sódio, metanol, hidróxido de potássio, hidróxido de sódio, sulfato de sódio anidro, óxido de magnésio, 2-mercaptoetanol e ácido metafosfórico (AMP) (Vetec, Brasil); ácido sulfúrico (H₂SO₄) (Mallinckrodt, USA); tampão Trizma (Nuclear, Brasil); sal etilenodiaminotetraacético (EDTA) e ácido fosfórico (H₃PO₄) (Proquímios, Brasil); acetato de sódio (Chemco, Brasil) e Q-Sepharose *Fast Flow* (Pharmacia, EUA).

Para análise de carotenóides e vitaminas na polpa dos frutos foram utilizados reagentes grau HPLC: hexano, isopropanol, acetato de etila, metanol e acetonitrila (Tedia, Brasil); ácido acético glacial (Vetec, Brasil) e ditiotreitól (DTT) (Sigma-Aldrich, Alemanha). A água ultrapura foi produzida em sistema de ultra-purificação. Para a filtração das amostras utilizou-se papel de filtro nº JP41 J. (Prolab, Brasil), seringas descartáveis esterilizadas de 3 mL (TKL, China), unidades filtrantes HV Millex, em polietileno, 0,45 µm de porosidade (Millipore, Brasil).

Os padrões de vitamina E (α-, β-, γ- e δ-tocoferol e tocotrienol) foram adquiridos da Calbiochem[®], EMD Biosciences, Inc. (EUA). O ácido L-ascórbico foi adquirido da Sigma-Aldrich[®] (Alemanha). Os padrões de folatos utilizados foram (6S)-5,6,7,8-tetraidrofolato (THF), (6S)-5-metil-5,6,7,8-tetraidrofolato (5-MTHF) e (6S)-5-formil-5,6,7,8-tetraidrofolato (5-FTHF), cedidos gentilmente pela Merck-Eprova[®] (Suíça). Os padrões de α-caroteno e β-caroteno foram isolados de extrato concentrado de cenoura; β-criptoxantina e licopeno foram isolados de extratos de tomate e mamão, respectivamente, por cromatografia em coluna aberta (RODRIGUEZ-AMAYA, 1989).

3.4. Coleta e amostragem

Foram utilizados frutos do araticum, cagaita, mangaba, jatobá e pequi coletados em suas respectivas época de safra. O período de safra foi de outubro a novembro de 2009 para a cagaita e mangaba; dezembro de 2009 a fevereiro de 2010 para o pequi; fevereiro a março de 2010 para o araticum; e junho a julho de 2010 para o jatobá. Para obtenção de cinco repetições de cada fruto, a área de coleta foi dividida em cinco sub-áreas, sendo coletado em cada sub-área aproximadamente 1 kg de cagaita, 2 kg de mangaba, 3 kg de araticum, 3 kg de jatobá e 5 kg de pequi.

Por apresentar casca frágil e altamente susceptível a injúrias, a cagaita e a mangaba foram coletadas diretamente da árvore, com maturação incompleta, sendo a maturação completada no laboratório. O araticum, jatobá e pequi foram coletados após a queda natural dos frutos. As amostras foram transportadas do local de coleta para o laboratório em caixas de isopor, por via terrestre, em um período máximo de até 36 horas após a coleta.

3.5. Preparo das amostras e obtenção das polpas

No laboratório, a cagaita e mangaba foram selecionadas quanto ao grau de maturação, sendo essa avaliada com base nos parâmetros de cor e textura característicos desses frutos. Foram considerados maduros os frutos da cagaita que apresentaram casca 100% amarela e textura macia; e os frutos da mangaba com textura macia e casca levemente amarelada.

Os frutos morfologicamente perfeitos e com maturação completa foram lavados em água corrente para eliminação de sujidades superficiais provenientes do local de coleta e secos em papel toalha.

As polpas de cagaita e mangaba, juntamente com as cascas, foram separadas manualmente das sementes. A casca do araticum foi retirada manualmente, sendo a polpa separada das sementes com auxílio de um processador de alimentos. A casca do jatobá foi retirada utilizado-se um

martelo, sendo a polpa separada das sementes com auxílio de faca doméstica.

A casca do pequi (epicarpo + mesocarpo externo) foi retirada com auxílio de faca doméstica para obtenção dos pirênios (mesocarpo interno + endocarpo + amêndoa). Uma vez que a polpa de pequi, tradicionalmente, é consumida cozida, os pirênios foram submetidos à cocção sob imersão em água potável em ebulição, na proporção de 1:1 (m/v), por 15 minutos. Após a cocção e resfriamento natural, a polpa cozida (mesocarpo interno) foi retirada dos pirênios por meio de raspagem com colher doméstica.

Após o despulpamento, a polpa *in natura* de araticum e jatobá, polpa cozida de pequi e porção comestível (polpa + casca) de cagaita e mangaba, foram homogeneizadas em processador de alimentos, acondicionadas em sacos de polietileno e armazenadas, por no máximo 4 dias, a -18 ± 1 °C para análise de carotenóides e vitaminas.

3.6. Delineamento experimental e análise estatística dos dados

Foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado com cinco tratamentos, representados pelos frutos, e cinco repetições. Os dados foram armazenados em planilhas utilizando o programa *Microsoft Office Excel*, versão 2007. Para verificar a existência de diferenças entre os tratamentos, os dados foram submetidos à análise de variância. Para comparação das médias dos tratamentos foi utilizado o teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade. A análise estatística foi realizada utilizando-se o *software SAS (Statistical Analysis System)*, versão 9.2 (2008), licenciado para a UFV.

3.7. Caracterização física

De acordo com as características de cada espécie e com auxílio de um paquímetro digital foram realizadas medidas individuais em 30 frutos. Foram avaliadas a altura, diâmetro longitudinal e diâmetro transversal da

cagaita e pequi; comprimento, diâmetro longitudinal e diâmetro transversal do jatobá e diâmetro e altura da mangaba e araticum.

A massa dos frutos (MF), polpa (MP), casca (MC) e semente (MS) foram obtidas por pesagem direta individual em balança semi-analítica. O rendimento da casca e polpa foram calculados utilizando-se as fórmulas $(MC / MF) \times 100$ e $(MP / MF) \times 100$, respectivamente.

3.8. Análises físico-químicas

As análises físico-químicas foram realizadas no Laboratório de Análise de Alimentos do Departamento de Nutrição e Saúde da Universidade Federal de Viçosa.

Foram determinadas a acidez titulável, sólidos solúveis e pH (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2005) em polpa *in natura* de araticum, cagaita, jatobá, mangaba e pequi. Utilizou-se 3 repetições para cada parâmetro avaliado.

3.8.1. Determinação da acidez titulável

A determinação da acidez titulável foi realizada através da volumetria de neutralização, utilizando solução padrão de hidróxido de sódio 0,1 mol/L na presença de solução de 1% fenolftaleína ($C_{20}H_{14}O_4$) em etanol, como indicador.

Para a determinação da acidez titulável, 1 g de polpa de cada fruto foi pesada em erlenmeyer de 125 mL. Posteriormente, foram adicionados ao erlenmeyer 50 mL de água destilada e duas gotas de fenolftaleína 1%. A mistura obtida foi então titulada com solução padrão de hidróxido de sódio 0,1 mol/L até a obtenção da coloração rosa.

3.8.2. Determinação do pH

O potencial hidrogeniônico das amostras foi determinado por medida direta de pH, utilizando um potenciômetro calibrado com soluções tampão de pH 4 e 7. Para proceder à análise foram preparados extratos contendo 10 g

das amostras e 100 mL de água destilada, com posterior agitação por 30 minutos, em banho metabólico a $25 \pm 1^\circ\text{C}$. Após repouso de 10 minutos, para decantação, foi realizada a leitura do pH no sobrenadante. Ao final de cada análise, o eletrodo foi lavado com água destilada e seco com papel de textura macia.

3.8.3. Determinação dos sólidos solúveis

O teor de sólidos solúveis foi determinado por meio do índice de refração, utilizando um refratômetro portátil. O equipamento foi calibrado com água destilada, fazendo a correção do Brix para a temperatura ambiente.

Antes da análise, alíquotas de aproximadamente 15 g de polpa de cagaita, mangaba e araticum foram centrifugadas a 4000 rpm (1789 g) por 15 minutos, para a obtenção do sobrenadante. Para o pequi e o jatobá, tomou-se 15 gramas de polpa desses frutos e adicionou-se 30 mL de água destilada. Posteriormente, a mistura foi homogeneizada por 15 minutos para dissolução dos sólidos presentes na polpa, e centrifugada a 4000 rpm (1789 g) por 15 minutos.

Para determinação do teor de sólidos solúveis, duas gotas do sobrenadante foram transferidas para o refratômetro. Ao final de cada medição, o refratômetro foi lavado com água destilada e seco com papel macio. O teor de sólidos solúveis da polpa de jatobá e pequi foi corrigido considerando a diluição da polpa realizada para obtenção do sobrenadante.

3.9. Composição centesimal

A composição centesimal foi determinada no Laboratório de Análise de Alimentos do Departamento de Nutrição e Saúde da Universidade Federal de Viçosa.

Os teores de umidade, cinzas, proteínas, lipídios e fibra alimentar total (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS, 1998) foram determinados em polpa *in natura* de araticum, cagaita, jatobá e mangaba e polpa de pequi cozida. Utilizou-se 3 repetições para cada parâmetro

avaliado.

3.9.1. Determinação da umidade

A umidade dos frutos foi determinada segundo técnica gravimétrica, com emprego do calor em estufa com circulação forçada de ar.

Foram pesados, em placa de *petri* previamente seca em estufa a temperatura de $105 \pm 1^\circ\text{C}$, 5 gramas de polpa de araticum, mangaba, jatobá e pequi, e 10 gramas de polpa de cagaita. As placas contendo as amostras foram submetidas ao calor da estufa, até a obtenção de massa constante, determinada em balança semi-analítica. Para a cagaita e mangaba empregou-se a temperatura de $65 \pm 1^\circ\text{C}$, por 72 horas e para o araticum, jatobá e pequi $105 \pm 1^\circ\text{C}$, por 3 horas.

3.9.2. Determinação de fibra alimentar total

A determinação do conteúdo de fibra alimentar total foi realizada de acordo com o método gravimétrico não enzimático. Para análise foram utilizadas polpas dos frutos desidratadas e desengorduras. Pesou-se 500 mg das amostras em um béquer de 250 mL, adicionou-se 20 mL de água deionizada. A mistura foi mantida por 90 minutos sob agitação em banho maria a $37 \pm 1^\circ\text{C}$, para dissolução completa da amostra.

Em seguida, 100 mL de etanol 95% aquecido a $65 \pm 1^\circ\text{C}$ foram adicionados à amostra dissolvida, sendo a mistura deixada por 1h em agitação e resfriada por 90 minutos em temperatura ambiente. Após o resfriamento, a amostra foi filtrada sob vácuo em cadinho de vidro tipo *Gooch* contendo 500 mg de Celite® previamente seca a $105 \pm 1^\circ\text{C}$, por 12 horas.

O resíduo retido no cadinho foi lavado por duas vezes com 20 mL de etanol 78% (v/v), uma vez com 10 mL de etanol 95% e uma vez com 10 mL de acetona. O resíduo lavado foi seco em estufa a $105 \pm 1^\circ\text{C}$, por uma noite e, em seguida, resfriado por 2h, em dessecador, e pesado em balança analítica.

Posteriormente, o resíduo seco foi homogeneizado em almofariz sendo então determinado o conteúdo de cinzas e proteínas conforme

descrito nos itens 3.9.4 e 3.9.5, respectivamente. O conteúdo de fibra alimentar total foi calculado por meio da fórmula: $(Pr - (P + A) / 100 \times Pr) \times 100 / Pa$; onde Pr = peso do resíduo em mg; P = % de proteína no resíduo; A = % de cinza no resíduo e Pa = mg amostra.

3.9.3. Determinação de lipídios

Para a determinação do teor de lipídios foi utilizado um aparelho extrator Soxhlet e balões isentos de lipídios, secos em estufa a 105 ± 1 °C. Os balões foram mantidos em dessecador até atingirem a temperatura ambiente e pesados em balança semi-analítica.

Para análise, 6 g de polpa desidratada foram pesadas e adicionadas em cartuchos preparados com papel-filtro. Os cartuchos foram adaptados ao aparelho e, em seguida, adicionou-se como solvente em cada balão aproximadamente 120 mL de éter etílico. A extração dos lipídios foi realizada por um período de 6h em temperatura de 95 ± 1 °C.

Após a destilação, os balões foram secos em estufa a 105 ± 1 °C até a obtenção de massa constante.

3.9.4. Determinação de cinzas totais

Foram pesados, em balança analítica, cadinhos de porcelana previamente secos em mufla a 550 °C. Em seguida, foram adicionados aproximadamente 2 gramas de amostra seca. Foi realizada uma carbonização lenta da amostra em chapa elétrica, para a exalação dos vapores, aumentando a temperatura em 50 °C, a cada intervalo de 5 minutos, até atingir 300 °C, permanecendo nesta durante 30 minutos. As amostras foram levadas para mufla a 550 °C até a obtenção de peso constante e de cinzas claras ou levemente acinzentadas.

As amostras foram resfriadas, por 30 minutos, em dessecador contendo sílica gel até atingir temperatura ambiente, para posterior pesagem em balança analítica.

3.9.5. Determinação de proteínas

A determinação de proteínas foi realizada utilizando os equipamentos de digestão, destilação e titulação de Kjeldahl. Foram pesados em papel-manteiga, 1 g de mistura catalisadora constituída 94% de sulfato de potássio, 5% de sulfato de cobre, 1% de selênio e 1 g de cada amostra seca. Posteriormente, a amostra e a mistura catalisadora foram transferidas para tubos de digestão e, na capela de exaustão, foram adicionados 3 mL de H₂SO₄ concentrado. Depois de vedados, os tubos foram levados ao bloco digestor. Os sistemas de digestão e exaustão foram acionados, aumentando a temperatura, a cada 10 min, de 50 °C em 50 °C até atingir 350 °C.

Após a digestão da amostra, os tubos foram levados ao aparelho de destilação. Nesta etapa, foram adicionados lentamente, 10 mL de NaOH 50%, através do funil do aparelho, até a mistura apresentar uma coloração preta.

Em um erlenmeyer de 250 mL, foram adicionados 10 mL de solução de ácido bórico (H₃BO₃) e solução indicadora composta de 1% de verde de bromocresol e 1% de vermelho de metila em etanol para ser conectado ao condensador do aparelho. A destilação foi efetuada até obtenção de 75 mL de solução de coloração roxa.

A solução obtida durante a destilação foi titulada com solução HCl 0,05mol/L até o ponto de viragem do indicador de fenolftaleína.

3.9.6. Cálculo de açúcares

O conteúdo de açúcares foi calculado por diferença por meio da fórmula: 100 - % umidade - % extrato etéreo - % fração protéica - % fração fibra alimentar - % cinzas.

3.9.7. Cálculo do valor energético total

O valor energético total da polpa dos frutos foi estimado considerando-se os fatores de conversão de 4 kcal g⁻¹ de proteína ou carboidrato e 9 kcal g⁻¹ de lipídio (FRARY; JOHNSON, 2005)

3.10. Determinação de carotenóides e vitaminas

As análises de carotenóides e vitaminas foram realizadas no Laboratório de Análise de Vitaminas do Departamento de Nutrição e Saúde, da Universidade Federal de Viçosa. Foram utilizadas 5 repetições para extração e análise.

Durante as etapas de extração, as amostras e os extratos foram mantidos sob proteção da luz solar e artificial pela utilização de vidrarias âmbar, papel alumínio e cortinas do tipo *blackout*, e sob proteção do oxigênio por meio da utilização de tampas e de ambiente com gás nitrogênio nas vidrarias.

3.10.1. Extração e análise de carotenóides

Foram investigadas a ocorrência e o conteúdo de α -caroteno, β -caroteno, β -criptoxantina e licopeno nas polpas dos frutos. Os carotenóides foram extraídos segundo o método proposto por Rodriguez-Amaya et al., (1976), com modificações. Cerca de 5 g de polpa dos frutos foram pesados, adicionados de 60 mL de acetona resfriada (dividida em três volumes de 20 mL), homogeneizados em microtritador, por aproximadamente 5 minutos, e filtrados a vácuo em funil de Büchner utilizando-se papel de filtro. Em seguida, o filtrado foi transferido, em três frações, para um funil de separação contendo 50 mL de éter de petróleo resfriado, sendo cada fração lavada com água destilada para retirada total da acetona. Acrescentou-se sulfato de sódio anidro ao extrato em éter de petróleo para retirar qualquer resíduo de água que, porventura, tivesse restado e que pudesse prejudicar a evaporação do material. Posteriormente, o extrato em éter foi concentrado utilizando evaporador rotativo em temperatura de 35 ± 1 °C, transferido para balão volumétrico de 25,0 mL, sendo o volume completado com éter de petróleo.

Para a extração dos carotenóides do pequi, foi necessário fazer a saponificação do extrato após a transferência dos pigmentos da acetona para o éter de petróleo. A saponificação foi realizada com uma solução de

KOH 10% em metanol em volume igual ao do extrato e aproximadamente 0,3 g de BHT. A mistura foi deixada no escuro durante 16 horas em temperatura ambiente e em atmosfera livre de oxigênio. Logo após foi lavada com água destilada 3 vezes para retirar toda a solução de saponificação, sendo em seguida concentrada da mesma forma que as demais amostras (MERCADANTE, 1999).

Para análise, alíquotas de 4,0 mL do extrato de araticum, 12,0 mL do extrato de cagaita, 8,0 mL do extrato de mangaba, 6,0 mL do extrato de jatobá, 4,0 mL do extrato de pequi foram evaporadas sob fluxo de nitrogênio gás, sendo o resíduo seco redissolvido em 2,0 mL de acetona. Os extratos foram filtrados em unidades filtrantes com porosidade de 0,45 μm , sendo injetados 50 μL na coluna cromatográfica para análise.

As análises de carotenóides foram realizadas por CLAE, sendo utilizadas as condições cromatográficas desenvolvidas por Pinheiro-Sant'Ana et al., (1998), as quais incluíram: sistema CLAE, DAD; coluna cromatográfica RP-18 Phenomenex Gemini, 250 x 4,6 mm, 5 μm , munida de coluna de guarda Phenomenex ODS (C18), 4 mm x 3 mm. Para o araticum utilizou-se fase móvel composta de metanol: acetato de etila: acetonitrila (80:10:10, v/v/v) com fluxo de 2,0 mL min^{-1} e tempo de corrida de 22 minutos. Para a cagaita, mangaba, jatobá e pequi utilizou-se fase móvel composta de metanol: acetato de etila: acetonitrila (70:20:10, v/v/v) com fluxo de 1,7 mL min^{-1} e tempo de corrida de 15 minutos. Os cromatogramas foram obtidos a 450 nm.

O valor de vitamina A foi calculado segundo as recomendações do Institute of Medicine (2001) em que 1 Equivalente de Atividade de Retinol (RAE) equivale a 1 μg de retinol; 12 μg de β -caroteno; 24 μg de outros carotenóides pró-vitamínicos.

3.10.2. Extração e análise de vitamina C

Foi investigado o conteúdo de AA e ADA nas polpas dos frutos. A extração e análise do AA foram realizadas de acordo com as condições propostas por Campos et al. (2009), com modificações. Para extração, cerca de 5 g de polpa de araticum e cagaita; 2,5 g de polpa mangaba e 3 g de

polpa de jatobá e pequi foram triturados, por aproximadamente 5 minutos, em 15 mL de solução extratora (3% de ácido metafosfórico, 8% de ácido acético, H₂SO₄ (0,3 N) e 1 mM EDTA). O extrato obtido foi centrifugado a 4000 rpm (1789 g), por 15 minutos, filtrado a vácuo em funil de Büchner e diluído para 25 mL, em balão volumétrico, com água ultrapura. Posteriormente, o extrato foi novamente centrifugado a 4000 rpm (1789 g), por 15 minutos e o sobrenadante acondicionado sob refrigeração (5 ± 1 °C) até o momento da análise.

A conversão do ADA a AA foi realizada conforme Campos et al. (2009). Uma alíquota de 1,0 mL de extrato obtido na etapa anterior foi pipetada em um frasco âmbar. Com a finalidade de elevar o pH para próximo da neutralidade foram adicionados 1,2 mL de solução tampão Trizma 1,2 M (pH 9,0) contendo 40 mM de DTT ao extrato de araticum pipetado previamente; 1,8 mL ao extrato de cagaita; 0,6 ao extrato de jatobá; 1,0 mL ao extrato de mangaba e 0,4 mL ao extrato de pequi. A reação de conversão processou-se por 10 minutos, em temperatura ambiente e ao abrigo da luz. Logo após, com intuito de reduzir o pH antes da injeção cromatográfica, foram adicionados 0,6 mL de H₂SO₄ 0,4 M para o extrato de araticum; 0,9 mL para o extrato de cagaita; 0,3 para o extrato de jatobá; 0,5 mL para o extrato de mangaba e 0,2 mL para o extrato de pequi. As análises foram realizadas a partir da injeção de 50 µL dos extratos previamente filtrados em unidades filtrantes com porosidade de 0,45 µm.

Para análise do AA as condições cromatográficas utilizadas foram: coluna cromatográfica RP-18 Lichrospher 100, 250 x 4 mm, 5 µm; sistema CLAE, DAD, fase móvel – água ultrapura contendo 1 mM de NaH₂PO₄, 1mM de EDTA e pH ajustado para 3,0 com H₃PO₄; fluxo da fase móvel de 1,0 mL min⁻¹. Os cromatogramas foram obtidos a 450 nm (CAMPOS et al., 2009). O conteúdo de ADA foi calculado por meio da fórmula: conteúdo de AA após a conversão – conteúdo de AA antes da conversão.

3.10.3. Extração e análise de vitamina E

Foi investigada a ocorrência e o conteúdo dos oito isômeros da vitamina E (α-, β-, γ- e δ-tocoferol e tocotrienol) nas polpas dos frutos. O

processo de extração dos isômeros foi realizado de acordo com Guinazi et al., (2009), com algumas modificações. Foram pesados em torno de 5 g de cada amostra e adicionado 4 mL de água ultrapura aquecida (aproximadamente $80 \pm 1^\circ\text{C}$). Em seguida, acrescentou-se 10,0 mL de isopropanol; 1,0 mL de hexano contendo 0,05% de BHT e 5 g de sulfato de sódio anidro. Aos poucos, adicionou-se 25 mL da mistura solvente de extração (hexano: acetato de etila, 85:15, v/v). Após esses procedimentos, a amostra foi triturada utilizando-se microtritador, em velocidade média, durante um minuto. Uma vez trituradas, as amostras foram filtradas a vácuo em funil de Büchner utilizando-se papel de filtro e mantendo o resíduo no tubo de extração. A etapa de extração foi repetida, adicionando-se 5 mL de isopropanol e 30 mL da mistura solvente, com posterior homogeneização e filtração a vácuo. Em seguida, o extrato foi concentrado em evaporador rotativo a $70 \pm 1^\circ\text{C}$ por cerca de dois minutos, transferido para balão volumétrico e o volume completado para 25,0 mL com mistura solvente.

Após a extração, alíquotas de 5,0 mL do extrato dos frutos foram secas em nitrogênio gás, redissolvidas em 2,0 mL de hexano grau HPLC e filtradas utilizando-se unidades filtrantes com porosidade de $0,45\ \mu\text{m}$.

A mangaba apresentou elevado conteúdo de látex o qual conferiu característica viscosa à polpa. Visando evitar possíveis danos ao sistema CLAE decorrentes da impregnação do látex, os *vials* contendo os extratos filtrados foram armazenados em freezer à $-24 \pm 1^\circ\text{C}$, por 30 minutos. Após esse tempo, observou-se a formação de uma fase viscosa e esbranquiçada, contendo o látex, e outra líquida amarelada. A fase líquida amarelada foi retirada com auxílio de pipeta de Pasteur, transferida para um novo *vial* e injetada na coluna cromatográfica para análise.

As análises dos isômeros da vitamina E foram realizadas por CLAE, injetando-se 50 μL de extratos de araticum, cagaita e pequi; 30 μL de extratos de jatobá. Para a análise dos extratos de mangaba, injetou-se dois volumes diferentes (5 e 50 μL), a fim de se obter a detecção de todos os compostos em quantidades apropriadas para a identificação e quantificação.

As condições cromatográficas utilizadas para análise foram as desenvolvidas por Guinazi et al., (2009), as quais incluíram: sistema CLAE;

detector de fluorescência (290 nm de excitação e 330 nm de emissão); coluna cromatográfica LiChrosorb (Si60 Phenomenex 250 x 4 mm, 5 µm); fase móvel – hexano: isopropanol: ácido acético glacial (98,9:0,6:0,5, v/v/v); fluxo da fase móvel: 1,0 mL min⁻¹. O conteúdo total de vitamina E nos frutos foi calculado pela soma dos isômeros da vitamina E identificados.

3.10.4. Extração e análise de folatos

Foi investigada a ocorrência e o conteúdo dos isômeros de folatos (THF, 5-MTHF e 5-FTHF) na polpa dos frutos. Os processos de extração, purificação e desconjugação dos folatos foram realizados de acordo com Della Lucia et al., (2011), com algumas modificações conforme descrito a seguir. Cerca de 5 g de araticum, cagaita, mangaba e pequi e 3 g de jatobá foram triturados em 20 mL de solução tampão fosfato 0,1 M, pH 6,0, contendo AA 1% e 2-mercaptoetanol 0,1%. O extrato obtido foi centrifugado a 4000 rpm (1789 g), por 15 minutos, filtrado a vácuo em funil de Büchner e diluído para 25 mL, em balão volumétrico, com água ultrapura. Em seguida, o extrato foi aquecido por aproximadamente 12 minutos em banho-maria a 100 ± 1 °C e resfriado em banho de gelo, até temperatura inferior a 37 ± 1 °C. O extrato resfriado foi re-centrifugado a 4000 rpm (1789 g), por 15 minutos, e submetido à desconjugação de poliglutamatos à monoglutamatos.

Para desconjugação, adicionou-se 100 µL de plasma de rato contendo a enzima conjugase (γ-glutamil carboxipeptidase) a 3,0 mL de sobrenadante obtido anteriormente e incubou-se o extrato em banho-maria a 37 ± 1 °C por 3 horas. Em seguida, para ocorrer inativação enzimática, os extratos foram aquecidos em água fervente por 5 minutos.

A purificação do extrato foi realizada utilizando-se coluna de troca iônica, com fase estacionária de Q-Sepharose *Fast Flow*. A coluna foi pré-condicionada com metanol e água (1:1) a um fluxo de 2 gotas/segundo. O extrato foi aplicado à coluna a um fluxo de 2 gotas/segundo. Em seguida, a eluição dos folatos retidos foi feita com 1,5 mL de solução de acetato de sódio (0,1 M) contendo NaCl 10%, AA 1% e 2-mercaptoetanol 0,1%. As análises foram realizadas a partir da injeção de 50 µL dos extratos, previamente filtrados em unidades filtrantes com porosidade de 0,45 µm.

As condições cromatográficas utilizadas foram: sistema CLAE; coluna cromatográfica Shim Pack 100 RP18, 150 mm x 4,6 mm, 4,6 μm (Merck, Alemanha), fase móvel composta por gradiente binário contendo solução tampão fosfato (NaH_2PO_4 30 mM, pH ajustado para 2,3 com H_3PO_4) como eluente A e acetonitrila como eluente B. O gradiente realizado foi: de 0 – 5 minutos 94% do eluente A + 6% do eluente B; 5 – 25 minutos, gradiente linear para 75% de A + 25% de B; 25 – 33 minutos, 75% de A + 25% de B; 33 – 35 retorno às condições iniciais seguido de reequilíbrio até 50 min. O fluxo da fase móvel foi de $0,7 \text{ mL min}^{-1}$ e a detecção por fluorescência com excitação a 290 nm e emissão a 360 nm. Utilizou-se sistema de degaseificação da fase móvel com gás hélio antes e durante as corridas cromatográficas, sendo a fase móvel degaseificada por 15 minutos a 100 kpa antes do início das análises e a 50 kpa ao longo das corridas (DELLA LUCIA et al., 2011).

3.10.5. Isolamento dos padrões de carotenóides

Os padrões de α e β -caroteno foram extraídos de cenoura (*Daucus carota* L.) por cromatografia em coluna aberta, de acordo com Rodriguez-Amaya, (1989). Cerca de 40 g de cenoura foram triturados em acetona resfriada (350 mL) e transferidos para éter de petróleo (300 mL), conforme o item 3.10.1. O extrato assim obtido foi concentrado em evaporador rotativo por 5 minutos. Para concentrar ainda mais o extrato sem estender o tempo de exposição ao calor foi empregado fluxo de nitrogênio, até obter um volume de cerca de 3 mL. A coluna cromatográfica foi empacotada com óxido de magnésio e Celite® (1:2). Foi empregada coluna de vidro com cerca de 50 cm de comprimento e 5 cm de diâmetro e recheio de cerca de 15 cm de altura. Para que o empacotamento da coluna ocorresse sem a formação de bolhas ou rachaduras que poderiam impedir uma eficiente separação dos padrões, foi aderida em toda a parede externa da coluna, uma gaze umedecida com acetona.

O extrato foi vagarosamente acrescentado no topo da coluna. Após a penetração do extrato na fase estacionária, adicionou-se aos poucos a fase móvel composta por 2% de éter etílico em éter de petróleo até a separação

do α e β -caroteno. A fase estacionária foi retirada da coluna de vidro, conforme descrito a seguir:

- ✓ Retirou-se a fase estacionária previamente seca virando a coluna cuidadosamente ao contrário em uma superfície plana;
- ✓ A parte da coluna contendo o α -caroteno (cor amarela) e β -caroteno (cor laranja) foram seccionadas.
- ✓ Para retirada total do α -caroteno e β -caroteno da fase estacionária empregou-se fase móvel contendo 5% de água em acetona e, em seguida, uma solução de 10% de água em acetona;
- ✓ A mistura foi então filtrada a vácuo em funil de Büchner utilizando-se papel de filtro para separar a fase móvel contendo o composto de interesse na fase estacionária.
- ✓ Em seguida, o filtrado foi transferido em cinco volumes de 20 mL, para um funil de separação, onde foram adicionados 50 mL de éter de petróleo refrigerado, para a transferência dos pigmentos da acetona para o éter. Após a adição de cada parte de filtrado, a mistura foi lavada com água destilada 3 vezes para retirar toda a acetona;
- ✓ Acrescentou-se sulfato de sódio anidro ao extrato em éter de petróleo para retirar o resíduo de água;
- ✓ O padrão assim obtido foi transferido para frascos de vidro âmbar, seco sob fluxo de nitrogênio, lacrado e armazenado a -18 ± 1 °C.

Para obtenção do padrão de licopeno, cerca de 40 g de tomate foram utilizados, sendo a extração feita conforme descrito para cenoura. A coluna cromatográfica foi empacotada com óxido de magnésio e Celite® (1:1) previamente ativados por 4 horas a 110 ± 1 °C. Foi empregada coluna de vidro de cerca de 50 cm de comprimento e 5 cm de diâmetro e recheio de cerca de 20 cm de altura, recoberta externamente com gaze umedecida em acetona. Foram empregadas fases móveis com concentrações crescentes de éter etílico em éter de petróleo (2 a 5%) e concentrações crescentes de acetona em éter de petróleo (5 a 100%) para separação do carotenóide, da seguinte forma:

- ✓ Após a penetração do extrato de carotenóides na fase estacionária adicionou-se cerca de 20 mL de fase móvel (2% de éter etílico em éter de petróleo) e aguardou-se a sua passagem;
- ✓ Em seguida foi sendo adicionada, aos poucos, fase móvel composta por 5% de éter etílico em éter de petróleo (20 mL);
- ✓ Após a passagem dessas fases adicionou-se ao topo da coluna fase móvel composta por 2% de acetona em éter de petróleo (20 mL);
- ✓ A concentração de acetona na fase móvel foi gradativamente aumentada até 20% (5, 10, 15 e 20%), utilizando-se 20 mL de cada concentração;
- ✓ Continuou-se a elevar a proporção de acetona na fase móvel empregando 20 mL de fases móveis contendo 30, 40, 50, 60, 80 e por último 100% de acetona;
- ✓ Retirou-se a fase estacionária da coluna de vidro, deixando-a secar antes e virando cuidadosamente ao contrário em uma superfície plana;
- ✓ A parte da coluna contendo o licopeno (cor vermelha) foi seccionada;
- ✓ As demais etapas foram iguais às descritas para o α e β -caroteno.

Para obtenção do padrão de β -criptoxantina, cerca de 80 g de mamão foram preparados conforme descrito para a cenoura e tomate. A coluna cromatográfica foi empacotada com óxido de magnésio e Celite® (1:2) previamente ativados por 4 horas a 150 ± 1 °C. Foi empregada coluna de vidro com cerca de 50 cm de comprimento e 5 cm de diâmetro e recheio de cerca de 20 cm de altura, recoberta externamente com gaze umedecida em acetona. Foram empregadas fases móveis com concentrações crescentes de éter etílico em éter de petróleo (2 a 4%) e concentrações crescentes de acetona em éter de petróleo (1 a 100%) para separação da β -criptoxantina, da seguinte forma:

- ✓ Após a penetração do extrato de carotenóides na fase estacionária adicionou-se cerca de 20 mL de fase móvel (2% de éter etílico em éter de petróleo) e aguardou-se a sua passagem;
- ✓ Em seguida foi sendo adicionada, aos poucos, fase móvel composta por 4% de éter etílico em éter de petróleo (20 mL);

- ✓ Após a passagem dessas fases adicionou-se ao topo da coluna outra fase móvel composta por 1% de acetona em éter de petróleo (20 mL);
- ✓ A concentração de acetona na fase móvel foi aumentada empregando 20 mL de fases móveis contendo 8, 10 e 100% de acetona;
- ✓ Retirou-se a fase estacionária da coluna de vidro;
- ✓ A parte da coluna contendo a β -criptoxantina (cor laranja) foi seccionada;
- ✓ As demais etapas foram iguais às descritas para o β -caroteno.

A confirmação da identidade dos padrões foi feita baseada nos seguintes parâmetros: ordem de eluição das frações em suas respectivas colunas (α -caroteno: primeiro; β -caroteno: segundo; licopeno: último e β -criptoxantina: penúltimo); coloração dos pigmentos eluídos (amarelo para o α -caroteno, laranja para β -caroteno e β -criptoxantina e vermelho para licopeno); tempo de retenção esperado por CLAE e espectros de absorção característicos.

3.10.6. Preparo dos padrões de carotenóides e vitaminas

Foram preparadas soluções para cada um dos isômeros investigados na polpa dos frutos (α -caroteno, β -caroteno, β -criptoxantina, licopeno, AA, α -tocoferol, α -tocotrienol, β -tocoferol, β -tocotrienol, γ -tocoferol, γ -tocotrienol, δ -tocoferol, δ -tocotrienol, THF, 5-MTHF e 5-FTHF) em diferentes concentrações.

A pureza dos padrões de carotenóides e vitaminas foi verificada por CLAE e a quantificação realizada por espectrofotometria, baseando-se na absorvância máxima, segundo a lei de Lambert-Beer. Para os padrões de carotenóides, AA e vitamina E utilizou-se a seguinte equação: $C (\mu\text{g/mL}) = \text{ABS} \times 10^4 / E^{1\%_{1\text{cm}}}$, onde C = concentração; ABS = absorvância máxima; $E^{1\%_{1\text{cm}}}$ = coeficiente de absorvância molar. Para os padrões de folatos utilizou-se a seguinte equação: $\text{ABS} = E^{1\%_{1\text{cm}}} \times C \times L$, onde ABS = absorvância máxima; $E^{1\%_{1\text{cm}}}$ = coeficiente de absorvância molar; C = concentração molar; L = largura da cubeta (1 cm).

A Tabela 1 apresenta os coeficientes de absorvidade específicos e os comprimentos de onda utilizados para a determinação da concentração real dos padrões de carotenóides e vitaminas analisados.

Uma vez que os valores específicos para tocotrienóis não são encontrados na literatura, utilizou-se os coeficientes de absorvidade molar e os comprimentos de onda máximos de cada isômero tocoferol correspondente para cálculo da concentração real do α -, β -, γ - e δ -tocotrienol, como indicado por Piironen et al., (1984).

Tabela 1: Coeficientes de absorvidade molar e comprimentos de onda máximos utilizados para cálculo da concentração real dos carotenóides e vitaminas.

| Compostos | Solvente | λ_{Max} (nm) | Coefficiente de absorvidade | Referência |
|------------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------|
| α -caroteno | Éter de petróleo | 443 | 2800 | (BALL, 1998) |
| β -caroteno | Éter de petróleo | 450 | 2592 | (BALL, 1998) |
| β -criptoxantina | Éter de petróleo | 449 | 2386 | (BALL, 1998) |
| Licopeno | Éter de petróleo | 469 | 3450 | (BALL, 1998) |
| Ácido ascórbico | Tampão fosfato, pH 2,0 | 245 | 560 | (BALL, 1998) |
| α -tocoferol | Etanol a 96% | 294 | 70,8 | (LEE et al., 1999) |
| β -tocoferol | Etanol a 96% | 297 | 86,4 | (LEE et al., 1999) |
| γ -tocoferol | Etanol a 96% | 298 | 92,8 | (LEE et al., 1999) |
| δ -tocoferol | Etanol a 96% | 298 | 91,2 | (LEE et al., 1999) |
| THF | Tampão fosfato 0,1 M, pH 2,0 | 297 | 27 | (BLAKEL, 1969) |
| 5-MTHF | Tampão fosfato 0,1 M, pH 2,0 | 290 | 32 | (BLAKEL, 1969) |
| 5-FTHF | Tampão fosfato 0,1 M, pH 2,0 | 285 | 31,5 | (BLAKEL, 1969) |

3.10.7. Identificação e quantificação de carotenóides e vitaminas

A identificação qualitativa dos compostos foi realizada injetando-se uma mistura de padrões de carotenóides e vitaminas pesquisados e comparando-se os tempos de retenção obtidos para os padrões e para as amostras analisados sob as mesmas condições. Além disso, os isômeros de folatos e vitamina E foram identificados por co-cromatografia e o AA e isômeros de carotenóides pela comparação dos espectros de absorção do padrão e dos picos de interesse nas amostras, utilizando-se o DAD.

Para a quantificação dos compostos, foram utilizadas curvas de padronização externas. Foram realizadas diluições apropriadas das soluções dos padrões a fim de se obter concentrações comparáveis aos teores encontrados nas polpas dos frutos pesquisados.

A construção das curvas analíticas foi realizada por meio de injeção, em duplicata, de seis concentrações crescentes de soluções dos padrões na faixa de 0,033 e 2,060 µg para α-caroteno; 0,004 e 1,433 µg para β-caroteno; 0,004 a 1,433 µg para β-criptoxantina; 0,0003 e 0,0546 µg para licopeno; 0,0589 e 5,8800 µg para AA; 1,02 e 104,21 ng para α-tocoferol; 2,01 e 204,12 ng para α-tocotrienol; 0,32 e 154,22 ng para o β-tocotrienol; 2,22 a 107,6 ng para γ-tocoferol; 3,21 a 157,6 ng para γ-tocotrienol; 0,04 a 46,22 ng para THF; 0,01 a 10,77 ng para 5-MTHF e 0,03 a 33,12 ng para 5-FTHF. Desse modo, foi feita uma correlação linear entre as áreas dos picos e as concentrações injetadas de cada composto.

A quantificação dos compostos nos frutos foi realizada a partir das curvas analíticas e equações de regressão obtidas para β-criptoxantina ($y = 1661804,24x + 18345,98$; $R^2 = 0,998$); licopeno ($y = 4383677,42x + 2996,19$; $R^2 = 0,999$), α-caroteno ($y = 1730130,16x - 8057,58$; $R^2 = 0,999$), β-caroteno ($y = 1389460,94x + 24320,87$; $R^2 = 0,996$); AA ($y = 3277607,19x - 66204,16$; $R^2 = 0,998$); α-tocoferol ($y = 76030901,90x - 66102,66$; $R^2 = 0,999$), α-tocotrienol ($y = 28452328,82x - 105303,68$; $R^2 = 0,997$); β-tocotrienol ($y = 931827656,05x - 170331,40$; $R^2 = 0,999$); γ-tocotrienol ($y = 124332948,76x - 300446,44$; $R^2 = 0,997$); THF ($y = 942240050,58x - 162371,44$; $R^2 = 0,996$), 5-MTHF ($y = 1237294689,67x - 259476,97$; $R^2 = 0,994$) e 5-FTHF ($y = 710036264,81x - 1088694,36$; $R^2 = 0,996$). A concentração real foi obtida por cálculos a partir das diluições realizadas.

3.10.8. Controle de qualidade dos métodos de análise

Testes de recuperação dos padrões foram feitos pela adição de α-caroteno, β-caroteno, β-criptoxantina, licopeno, AA, α-tocoferol, α-tocotrienol, β-tocotrienol, γ-tocoferol, γ-tocotrienol, THF, 5-MTHF e 5-FTHF às amostras na proporção de 50 a 100% da concentração média original observada para cada espécie. O percentual de recuperação foi calculado por meio da

fórmula: % de recuperação = (concentração final do isômero) - (concentração adicionada do isômero) / (concentração inicial do isômero) x 100. Todos os procedimentos foram realizados em triplicata.

A determinação da faixa de linearidade dos compostos foi realizada pela injeção, em duplicata, de seis concentrações crescentes das soluções padrão utilizando-se as mesmas condições cromatográficas empregadas para análise dos extratos. Os dados obtidos para as áreas dos picos foram usados para análise de regressão linear. O coeficiente de correlação (R^2) obtido em cada caso foi utilizado para avaliação da linearidade (LANÇAS, 2004).

O teste de repetibilidade foi realizado pela extração e análise em quintuplicata de uma mesma repetição de fruto contendo os carotenóides e as vitaminas avaliadas. A avaliação da repetibilidade foi realizada pelo cálculo do desvio padrão relativo (DPR) das áreas dos picos e dos tempos de retenção dos componentes analisados (LANÇAS, 2004).

A avaliação do limite de detecção (LD) foi realizada por diluições sucessivas dos padrões de carotenóides e vitaminas identificadas nos frutos, seguida da determinação da menor quantidade detectável, como sendo três vezes o valor da amplitude do ruído da linha de base ($S/R \geq 3$). O limite de quantificação (LQ) foi considerado como sendo 10 vezes o LD (CATHARINO et al., 2006).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização física

4.1.1. *Araticum*

O fruto do araticum constitui-se como uma baga arredondada, com casca resistente de cor marrom. A polpa do araticum apresentou-se em gomos na forma de cone com coloração variando do amarelo claro ao róseo. Os gomos apresentaram internamente uma semente elíptica de coloração marrom escuro (Figura 1).



Figura 1: Representação fotográfica de frutos do araticum (*Annona crassiflora* Mart.).

As características físicas dos frutos do araticum são apresentadas na Tabela 2. A massa média dos frutos foi de 1,13 kg, sendo observada uma grande variação nesse parâmetro, a qual refletiu a alta variabilidade natural da espécie no estado selvagem. Os frutos analisados apresentaram rendimento de polpa inferior ao descrito por Roesler et al., (2007) que relataram valores de 55,7% de polpa, 31,8% de casca e 12,5% de sementes.

Tabela 2: Características físicas de frutos do araticum (*Annona crassiflora* Mart.) do Cerrado (Curvelo, Minas Gerais, Brasil).

| Variáveis | Média ^a ± DP ^b | Amplitude | |
|-------------------------|--------------------------------------|-----------|--------|
| | | Mínimo | Máximo |
| Diâmetro (cm) | 11,73 ± 1,61 | 9,10 | 11,90 |
| Altura (cm) | 12,72 ± 2,26 | 11,50 | 15,10 |
| Massa (kg) | | | |
| Fruto | 1,13 ± 0,32 | 0,63 | 1,65 |
| Sementes | 0,13 ± 0,04 | 0,07 | 0,19 |
| Casca | 0,39 ± 0,11 | 0,24 | 0,55 |
| Polpa | 0,61 ± 0,19 | 0,33 | 0,90 |
| Rendimento da polpa (%) | 52,9 ± 5,20 | 51,50 | 54,70 |

^a média de 30 frutos; ^b desvio padrão.

4.1.2. Cagaita

Os frutos da cagaita são globosos, levemente achatados e apresentam casca frágil, amarelo brilhante (Figura 2). Em seu interior, verificou-se a presença de polpa suculenta de coloração amarela clara e uma a duas sementes achatadas de coloração creme.

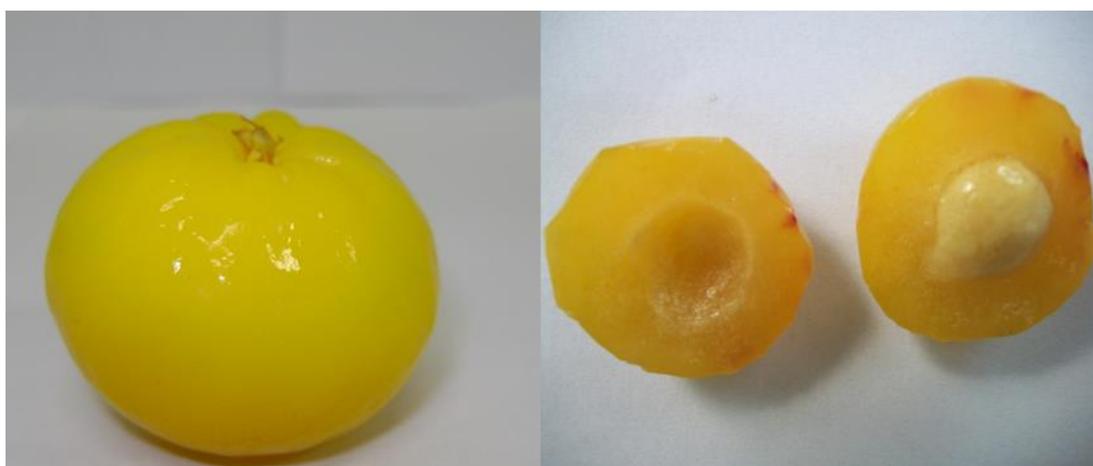


Figura 2: Representação fotográfica de frutos da cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.).

As características físicas dos frutos da cagaita são apresentadas na Tabela 3. Entre todas as características físicas do fruto, a massa da polpa apresentou-se como a de maior importância para exploração econômica,

principalmente para o processamento tecnológico visando o desenvolvimento de produtos, uma vez que esta é a parte comestível do fruto. A cagaita apresentou massa variando de 15,22 a 37,00 g, com média de 25,11 g, e rendimento de polpa elevado, o que permitiu um maior aproveitamento do fruto. Os frutos do estado de Minas Gerais apresentaram massa aproximadamente 2 vezes superior à observada em 10 populações de cagaita do estado de Goiás e rendimento superior ao observado nesses frutos (83,2%) (SILVA et al., 2001b).

Tabela 3: Características físicas de frutos da cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.) do Cerrado (Felixlândia, Minas Gerais, Brasil).

| Variáveis | Média ^a ± DP ^b | Amplitude | |
|----------------------------|--------------------------------------|-----------|--------|
| | | Mínimo | Máximo |
| Diâmetro longitudinal (cm) | 3,47 ± 0,35 | 2,80 | 4,10 |
| Diâmetro transversal (cm) | 3,16 ± 0,34 | 2,50 | 3,90 |
| Altura (cm) | 2,52 ± 0,30 | 1,60 | 3,60 |
| Massa (g) | | | |
| <i>Fruto</i> | 25,11 ± 6,01 | 15,22 | 37,00 |
| <i>Sementes</i> | 3,39 ± 1,22 | 1,81 | 6,00 |
| <i>Polpa</i> | 21,72 ± 5,07 | 10,73 | 31,30 |
| Rendimento da polpa (%) | 86,43 ± 4,23 | 70,52 | 92,11 |

^a média de 30 frutos; ^b desvio padrão.

4.1.3. *Jatobá*

Os frutos do jatobá apresentaram-se em forma de vagem arredondada, com casca resistente de cor escura. Internamente os frutos possuem sementes envolvidas por uma polpa farinácea amarelo-pálida (Figura 3).

As características físicas dos frutos do jatobá são apresentadas na Tabela 4. A massa média dos frutos foi 49,72 g, sendo observada grande variação nesse parâmetro. O rendimento de polpa do jatobá de Minas Gerais foi superior ao observado por Silva et al., (2001a) (12,69%) em frutos do estado de Goiás.



Figura 3: Representação fotográfica de frutos do jatobá (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.).

Tabela 4: Características físicas de frutos do jatobá (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.) do Cerrado (Curvelo, Minas Gerais, Brasil).

| Variáveis | Média ^a ± DP ^b | Amplitude | |
|----------------------------|--------------------------------------|-----------|--------|
| | | Mínimo | Máximo |
| Diâmetro longitudinal (cm) | 3,14 ± 0,35 | 2,50 | 3,80 |
| Diâmetro transversal (cm) | 3,50 ± 0,56 | 2,70 | 4,80 |
| Comprimento (cm) | 10,28 ± 1,63 | 7,40 | 13,40 |
| Massa (g) | | | |
| <i>Fruto</i> | 49,72 ± 20,56 | 20,76 | 84,19 |
| <i>Casca</i> | 27,33 ± 10,32 | 12,20 | 42,97 |
| <i>Sementes</i> | 13,96 ± 8,70 | 4,99 | 31,83 |
| <i>Polpa</i> | 8,43 ± 3,85 | 2,62 | 16,78 |
| Rendimento da polpa (%) | 17,12 ± 4,87 | 12,62 | 32,60 |

^a média de 30 frutos; ^b desvio padrão.

4.1.4. **Mangaba**

Os frutos da mangaba são arredondados e apresentaram casca frágil de coloração amarelo-esverdeada, associada a manchas avermelhadas. Internamente, os frutos possuem polpa esverdeada, carnosa-viscosa, contendo grande número de sementes de coloração creme (Figura 4).



Figura 4: Representação fotográfica de frutos da mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes).

As características físicas dos frutos da mangaba estão na Tabela 5. A massa média dos frutos foi de 53,95 g, sendo observada uma grande variação nesse parâmetro. Souza et al., (2007) observaram, em frutos do estado da Paraíba, massa aproximadamente 52% inferior à observada nesse estudo.

Tabela 5: Características físicas de frutos da mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) do Cerrado (Curvelo, Minas Gerais, Brasil).

| Variáveis | Média ^a ± DP ^b | Amplitude | |
|-------------------------|--------------------------------------|-----------|--------|
| | | Mínimo | Máximo |
| Diâmetro (cm) | 4,05 ± 0,97 | 2,40 | 6,20 |
| Altura (cm) | 4,35 ± 1,17 | 2,30 | 6,70 |
| Massa (g) | | | |
| <i>Fruto</i> | 53,95 ± 29,77 | 12,30 | 142,30 |
| <i>Sementes</i> | 10,98 ± 6,56 | 2,30 | 29,40 |
| <i>Polpa</i> | 42,98 ± 23,47 | 10,00 | 112,90 |
| Rendimento da polpa (%) | 80,08 ± 3,10 | 74,60 | 86,90 |

^a média de 30 frutos; ^b desvio padrão.

4.1.5. *Pequi*

Os frutos do pequi apresentaram-se como uma drupa contendo em seu interior de um a cinco pirênios. A casca do fruto é constituída pelo pericarpo esverdeado e pelo mesocarpo externo pardo-acizentado. Os pirênios eram compostos pelo mesocarpo interno de coloração amarelada,

que é a porção comestível do fruto, e pelo endocarpo, parte espinhosa que protege a amêndoa de coloração esbranquiçada (Figura 5).



Figura 5: Representação fotográfica de frutos do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.).

As informações referentes às características físicas dos frutos do pequi são apresentadas na Tabela 6. Os frutos do estado de Minas Gerais apresentaram massa 2 vezes superior a de frutos do estado de Goiás (125,06 g), e, conseqüentemente, maior altura e diâmetros longitudinal e transversal (VERA et al., 2007).

Tabela 6: Características físicas de frutos do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) do Cerrado (Curvelo, Minas Gerais, Brasil).

| Variáveis | Média ^a ± DP ^b | Amplitude | |
|----------------------------|--------------------------------------|-----------|--------|
| | | Mínimo | Máximo |
| Diâmetro longitudinal (cm) | 7,73 ± 1,06 | 5,9 | 11,1 |
| Diâmetro transversal (cm) | 6,78 ± 0,81 | 5,7 | 8,9 |
| Altura (cm) | 6,92 ± 0,63 | 5,1 | 7,8 |
| Massa (g) | | | |
| <i>Fruto</i> | 240,10 ± 188,00 | 120,98 | 412,54 |
| <i>Casca</i> | 61,14 ± 53,55 | 23,34 | 122,98 |
| <i>Sementes</i> | 33,20 ± 4,39 | 25,42 | 38,56 |
| <i>Polpa</i> | 18,90 ± 3,33 | 15,53 | 22,43 |
| Rendimento da polpa (%) | 7,87 ± 1,39 | 5,80 | 15,30 |

^a média de 30 frutos; ^b desvio padrão.

O pequi apresentou massa de polpa reduzida com baixo rendimento. Os rendimentos da casca (epicarpo + mesocarpo externo) e das sementes foram 78,3% e 13,8%, respectivamente. Esses dados evidenciaram a reduzida relação entre a massa da polpa e a massa do fruto inteiro, o que pode onerar o transporte e até dificultar o aproveitamento tecnológico do fruto.

Uma vez que o pequi apresentou elevado rendimento de casca, surge a necessidade de estudos que busquem promover o melhor aproveitamento tecnológico da casca e assim agregar maior valor ao fruto. Soares Júnior et al., (2009), ao avaliarem a qualidade sensorial e físico-química de biscoitos tipo *cookie*, formulados com diferentes níveis de substituição da farinha de trigo por farinha de casca de pequi, observaram que a substituição de até 25% da farinha de trigo por farinha de casca de pequi é uma alternativa viável, com benefícios econômicos e ecológicos.

4.2. Caracterização físico-química

As características físico-químicas dos frutos do Cerrado de Minas Gerais são apresentadas na Tabela 7.

Tabela 7: Características físico-químicas de polpa de araticum, cagaita, jatobá, mangaba e pequi do Cerrado (Minas Gerais, Brasil) ^{1, 2, 3, 4}

| Variáveis | Araticum | Cagaita | Jatobá | Mangaba | Pequi |
|---|---------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Sólidos solúveis (°Brix) | 22,54 ± 1,91 ^a | 9,12 ± 0,33 ^c | 4,84 ± 0,09 ^d | 15,14 ± 1,18 ^b | 7,43 ± 0,48 ^c |
| Acidez titulável (g de ácido cítrico 100g ⁻¹) | 0,54 ± 0,11 ^c | 0,73 ± 0,08 ^b | 1,54 ± 0,06 ^a | 0,77 ± 1,06 ^b | 0,62 ± 0,12 ^c |
| pH | 4,89 ± 0,01 ^c | 3,28 ± 0,07 ^d | 5,54 ± 0,18 ^b | 3,60 ± 0,06 ^d | 6,52 ± 0,12 ^a |

¹ valores expressos em matéria fresca; ² média de 3 repetições; ³ dados apresentados em: média ± desvio padrão; ⁴ Médias seguidas de uma mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5% de significância

Informações sobre o teor de sólidos solúveis, acidez titulável e pH de polpa *in natura* de araticum, cagaita, jatobá, mangaba e pequi são escassos na literatura especializada, o que não permitiu maiores comparações sobre os conteúdos observados no presente estudo. O teor de sólidos solúveis na polpa dos frutos variou de 4,84 a 22,54 °Brix, sendo o maior valor observado na polpa de araticum e o menor na polpa de jatobá ($p < 0,05$).

O teor de sólidos solúveis no araticum foi aproximadamente 2 vezes maior que o observado por Silva et al., (2009a) (12 °Brix) em frutos do estado de Goiás. A polpa de mangaba de Minas Gerais apresentou teor de sólidos solúveis inferior ao observado por Moura et al., (2002) (16,72 °Brix), e Souza et al., (2007) (17,23 °Brix) em frutos de Goiás. O teor de sólidos solúveis na cagaita foi superior ao encontrado por (SILVA et al., 2008a) (8,00 °Brix) em frutos de Goiás.

Assim como os sólidos solúveis, observou-se grande variação no pH e acidez titulável dos frutos. A acidez titulável dos frutos variou de 0,54 g de ácido cítrico 100g⁻¹, para o araticum, a 1,54 g de ácido cítrico 100g⁻¹, para o jatobá. Analisando araticum do estado de Goiás, Silva et al., (2009a) observaram acidez titulável de 0,67 g de ácido cítrico 100g⁻¹, superior ao encontrado no presente estudo. Informações sobre a acidez titulável em polpa de araticum, cagaita, mangaba e pequi estão disponíveis na literatura especializada. No entanto, essas informações encontram-se expressas em unidades diferentes da utilizada nesse estudo, o que inviabiliza a comparação entre os mesmos.

O teor de sólidos solúveis indica a associação entre a concentração de suco e o teor de açúcares presentes no alimento. A relação entre o teor de sólidos solúveis e a acidez titulável (SS/AT), de acordo com Chitarra e Chitarra (2005), é um indicador de qualidade do fruto em termos de maturidade, sabor e valor industrial. O araticum apresentou elevada relação SS/AT podendo ser utilizado na elaboração de doces, geléias, compotas e gelados comestíveis. Já a cagaita e mangaba, frutos que apresentaram reduzida relação SS/AT, são indicados na elaboração de sucos, néctar e polpas congelada.

O pH mais ácido foi observado na polpa de cagaita, enquanto que o pequi apresentou pH perto da faixa de neutralidade. Avaliando cagaita do estado de Goiás, Roesler et al., (2007) e Silva et al., (2008b) encontraram frutos com polpa levemente mais ácida (pH de 2,8 e 3,0, respectivamente). O pH do araticum foi inferior ao observado por Silva et al., (2009a), em polpa de frutos de Goiás (5,21). O pequi avaliado no presente estudo apresentou pH dentro da faixa de 6,58 a 6,69 relatada por Vera et al., (2007).

4.3. Composição centesimal

As informações referentes à composição centesimal e valor energético total do araticum, cagaita, jatobá, mangaba e pequi são apresentadas na Tabela 8.

Tabela 8: Composição centesimal e valor energético total de polpa de araticum, cagaita, jatobá, mangaba e pequi do Cerrado (Minas Gerais, Brasil) ^{1, 2, 3, 4}

| Variáveis | Araticum | Cagaita | Jatobá | Mangaba | Pequi |
|---|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| Umidade (g 100g ⁻¹) | 73,32 ± 0,87 ^c | 91,56 ± 1,01 ^a | 8,75 ± 1,00 ^e | 83,03 ± 1,41 ^b | 51,70 ± 0,27 ^d |
| FAT ⁵ (g 100g ⁻¹) | 6,80 ± 0,49 ^c | 1,51 ± 0,20 ^d | 44,28 ± 2,25 ^a | 2,30 ± 0,20 ^d | 9,89 ± 0,24 ^b |
| Lipídios (g 100g ⁻¹) | 3,50 ± 0,05 ^b | 0,57 ± 0,05 ^d | 3,78 ± 0,98 ^b | 1,72 ± 0,10 ^c | 33,07 ± 0,30 ^a |
| Proteínas (g 100g ⁻¹) | 1,52 ± 0,11 ^c | 0,63 ± 0,09 ^c | 5,61 ± 0,41 ^a | 0,76 ± 0,13 ^c | 2,24 ± 0,10 ^b |
| Cinzas (g 100g ⁻¹) | 0,47 ± 0,01 ^c | 0,18 ± 0,02 ^d | 3,44 ± 0,11 ^a | 0,63 ± 0,04 ^b | 0,45 ± 0,02 ^c |
| Carboidratos (g 100g ⁻¹) | 14,39 ± 0,61 ^b | 5,54 ± 0,65 ^c | 34,13 ± 3,26 ^a | 11,56 ± 0,93 ^b | 2,67 ± 0,35 ^c |
| VET ⁶ (Kcal 100g ⁻¹) | 95,12 ± 2,60 ^c | 29,83 ± 3,43 ^e | 193,02 ± 11,88 ^b | 64,76 ± 5,13 ^d | 317,19 ± 3,23 ^a |

¹ valores expressos em matéria fresca; ² média de 3 repetições; ³ dados apresentados em: média ± desvio padrão; ⁴ Médias seguidas de uma mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5% de significância; ⁵ Fibra alimentar total; ⁶ Valor energético total

Dados referentes à umidade e o conteúdo de macronutrientes em polpa de frutos do Cerrado são escassos na literatura. Os frutos do Cerrado de Minas Gerais apresentaram umidade variando de 8,75 g 100g⁻¹ para o jatobá a 91,56 g 100g⁻¹ para a cagaita. A polpa de jatobá apresentou umidade reduzida e abaixo da faixa de 11,97 e 12,94 g 100⁻¹ observada por Silva et al., (2001a) em frutos da mesma variedade oriundos do estado de Goiás. Em contrapartida, a cagaita e a mangaba apresentaram polpa com elevada umidade. Roesler et al., (2007) relataram umidade de 89,71 g 100g⁻¹ em cagaita e Silva et al., (2008b) umidade de 82,40 g 100g⁻¹ em mangaba. Esses valores são similares aos observados no presente estudo.

O elevado teor de água nas polpas de cagaita e mangaba, juntamente com a fragilidade da casca, tornam esses frutos altamente susceptíveis à deterioração enzimática e microbiana, o que dificulta sua conservação. Diante disso, torna-se necessária a realização de pesquisas que busquem avaliar a fisiologia pós-colheita, métodos de conservação e aproveitamento tecnológico da polpa desses frutos.

A polpa de araticum apresentou umidade de $73,32 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$, similar ao relatado por Roesler et al., (2007) e Silva et al., (2008b) que encontraram, em frutos do estado de Goiás, valores de $70,56 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ e $76,05 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$, respectivamente. A polpa de pequi cozida apresentou umidade dentro da faixa de $48,13$ a $54,34 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$, sendo essa observada em polpa de pequi *in natura* (VERA et al., 2007).

Os frutos do Cerrado analisados apresentaram excelente valor nutricional sendo observada em suas composições a presença de proteínas, cinzas, lipídios, fibra alimentar e carboidratos. Em relação aos macronutrientes encontrados na polpa dos frutos, destacam-se os elevados teores de fibra alimentar e lipídios, além do valor energético total.

As polpas de araticum, jatobá e pequi apresentaram elevado conteúdo de fibra alimentar. O conteúdo observado nesses frutos foi de 3 a 20 vezes superior ao encontrado em frutas reconhecidas pela população como fontes de fibra alimentar como a ameixa ($2,4 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$), a manga Tommy ($2,1 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$), a mexerica ($2,7 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$) e a pêra ($2,7 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$) (NÚCLEO DE ESTUDOS E PESQUISA EM ALIMENTAÇÃO, 2006).

O conteúdo de fibra alimentar observado no araticum foi superior ao encontrado por Silva et al., (2008b) em frutos da mesma espécie. A concentração de fibra alimentar do pequi e jatobá foi similar as encontradas por Lima et al., (2007) ($10,0 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$) e Silva et al., (2001a) ($47,2 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$), em pequi e jatobá, respectivamente.

As polpas de araticum, jatobá e pequi apresentaram elevado conteúdo de lipídios e valor energético total. A polpa de araticum apresentou teor de lipídios superior ao observado por Roesler et al., (2007) ($2,36 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$) e similar ao observado por Silva et al., (2008b) em frutos cultivados no estado de Goiás. Devido à sua composição de macronutrientes, apresentando elevado teor de lipídios e carboidratos, o araticum mostrou-se um fruto de elevado valor energético total ($95,12 \text{ kcal } 100\text{g}^{-1}$). Silva et al., (2008b) observaram, em araticum, valor energético similar ao encontrado no presente estudo ($90,47 \text{ kcal } 100\text{g}^{-1}$).

A polpa de pequi cozida apresentou elevado valor energético total, sendo a maior parte deste proveniente dos lipídios, os quais corresponderam

a aproximadamente 33% do conteúdo de macronutrientes presentes na polpa. Lima et al., (2007) observaram em polpa de pequi *in natura* valor energético total e conteúdo de lipídios semelhantes aos encontrados no presente estudo (358,4 kcal 100g⁻¹ e 33,40 g 100g⁻¹, respectivamente).

O teor de proteínas e carboidratos observados na polpa de araticum do Cerrado Mineiro foi similar ao encontrado em frutos do Cerrado de Goiás por Silva et al., (2008b) que observaram 1,22 g 100g⁻¹ de proteínas e 12,78 g 100g⁻¹ de carboidratos.

O teor de proteínas, carboidratos e cinzas observados em polpa de pequi do Cerrado de Minas Gerais foi inferior ao de frutos do Cerrado de Goiás. Lima et al., (2007) observaram em 100 gramas de polpa de pequi 3,00 g de proteínas, 11,45 g de carboidratos e 0,63 g de cinzas.

A cagaita do Cerrado de Minas Gerais apresentou composição centesimal similar à observada em frutos de Goiás. Roesler et al., (2007) observaram nesses frutos 0,82 g 100g⁻¹ de proteínas; 0,28 g 100g⁻¹ de cinzas; 0,44 g 100g⁻¹ de lipídios; 3,08 g 100g⁻¹ de carboidratos e 1,04 g 100g⁻¹ de fibra alimentar. Devido ao reduzido teor de macronutrientes a polpa da cagaita apresentou baixo valor energético total.

A composição centesimal e o valor energético total da polpa de mangaba do Cerrado de Minas Gerais foram similares ao de frutos do Cerrado de Goiás, exceto para lipídios e fibra alimentar total. Silva et al., (2008b) observaram nesses frutos 1,20 g 100g⁻¹ de proteínas, 2,37 g 100g⁻¹ de lipídios, 10,02 g 100g⁻¹ de carboidratos, 3,40 g 100g⁻¹ de fibra alimentar, 0,58g 100g⁻¹ de cinzas e valor energético de 66,21 kcal 100g⁻¹.

A polpa de jatobá do Cerrado Mineiro apresentou teor de lipídios de 3,78 g 100g⁻¹ e valor energético total de 193,02 kcal 100g⁻¹. Silva et al., (2001a), analisando frutos da mesma variedade, observaram conteúdo de lipídios de 2,7 g 100g⁻¹ e valor energético total de 162,1 kcal 100g⁻¹, valores inferiores aos observados no presente estudo.

Devido à reduzida umidade, o jatobá apresentou conteúdos de carboidratos, cinzas e proteínas superiores aos observados nos frutos analisados no presente estudo e similares aos observados por Silva et al., (2001a) em frutos da mesma variedade. Nesses frutos, Silva et al., (2001a)

encontraram 27,1 g 100g⁻¹ de carboidratos, 4,0 g 100g⁻¹ de cinzas e 6,7 g 100g⁻¹ de proteínas. Por apresentar reduzido teor de umidade e elevado conteúdo de fibra a polpa de jatobá apresentou grande potencial como ingrediente para o desenvolvimento de produtos tais como mingaus, bolos, pães, biscoitos em geral, biscoitos fonte de fibra e biscoitos tipo *cookie*.

4.4. Carotenóides e vitaminas

4.4.1. Qualidade dos métodos de análise

4.4.1.1. Repetibilidade

Os desvios padrões relativos em relação às áreas dos picos e tempo de retenção em polpa de araticum, cagaita, jatobá, mangaba e pequi são apresentados na Tabela 9.

Tabela 9: Repetibilidade dos métodos de análise em polpa de araticum, cagaita, jatobá, mangaba e pequi do Cerrado (Minas Gerais, Brasil).

| Composto | Araticum | | Cagaita | | Jatobá | | Mangaba | | Pequi | |
|-----------------|---------------------------------|-----------------------|--------------------|----------|--------------------|----------|--------------------|----------|--------------------|----------|
| | Área do pico (DPR) ^a | TR ^b (DPR) | Área do pico (DPR) | TR (DPR) |
| α-caroteno | 2,28 | 1,30 | 1,66 | 1,21 | | | | | | |
| β-caroteno | 2,62 | 0,61 | 3,12 | 1,32 | 3,24 | 0,98 | 1,62 | 0,83 | 4,15 | 0,72 |
| β-criptoxantina | | | | | | | 2,62 | 0,61 | 7,20 | 0,97 |
| Licopeno | 2,43 | 0,52 | 4,12 | 1,14 | | | | | | |
| AA | 1,40 | 0,40 | 2,51 | 0,60 | 2,34 | 1,11 | 2,40 | 0,80 | 1,37 | 0,57 |
| α-tocoferol | 7,38 | 0,34 | | | 4,67 | 0,88 | 3,38 | 0,24 | 3,57 | 0,89 |
| α-tocotrienol | 2,90 | 1,10 | | | | | 3,40 | 0,91 | 0,89 | 1,10 |
| β-tocotrienol | | | | | | | 2,34 | 1,45 | | |
| γ-tocoferol | | | | | | | | | 4,84 | 2,34 |
| γ-tocotrienol | | | | | 5,45 | 1,23 | 3,27 | 1,34 | 6,73 | 1,12 |
| THF | 4,98 | 0,91 | 3,82 | 0,76 | 2,43 | 0,86 | 1,89 | 0,91 | 2,53 | 1,21 |
| 5-MTHF | 5,42 | 1,27 | 4,22 | 1,21 | 4,39 | 1,21 | 1,80 | 1,37 | 1,98 | 1,09 |
| 5-FTHF | | | 3,89 | 0,96 | 2,98 | 0,98 | 2,43 | 0,83 | 2,53 | 0,73 |

^a desvio padrão relativo; ^b tempo de retenção

Observou-se que os métodos de análise de carotenóides e vitaminas empregados apresentaram boa repetibilidade, o que confere confiabilidade às condições de análise utilizadas.

A repetibilidade de todos os isômeros de carotenóides presentes nos frutos apresentou DPR em relação às áreas dos picos e tempo de retenção inferior a 7,20 e 1,32%, respectivamente. O DPR em relação às áreas dos picos e TR de AA variou de 1,37 a 2,40% e 0,40 a 0,60%, respectivamente.

A repetibilidade dos isômeros da vitamina E identificados nas amostras (α - e γ -tocoferol, α -, β - e γ -tocotrienol) apresentou DPR em relação à área do pico entre 0,69 e 7,38% e DPR em relação ao TR entre 0,24 e 1,12%. Os isômeros de folatos presentes na polpa dos frutos apresentam DPR em relação às áreas dos picos e tempo de retenção inferior a 5,42 e 1,37%, respectivamente.

4.4.1.2. Limite de detecção, limite de quantificação e linearidade

Os limites de detecção e quantificação e a faixa de linearidade dos compostos investigados são apresentados na Tabela 10.

Tabela 10: Limite de detecção, limite de quantificação e linearidade dos padrões de carotenóides e vitaminas.

| Compostos | Limite de detecção ($\mu\text{g mL}^{-1}$) | Limite de quantificação ($\mu\text{g mL}^{-1}$) | Linearidade (μg) |
|------------------------|---|--|----------------------------------|
| α -caroteno | 7,861 | 78,612 | 0,0330 - 2,0600 |
| β -caroteno | 6,422 | 64,221 | 0,0045 - 1,4333 |
| β -criptoxantina | 6,961 | 69,613 | 0,0045 - 1,4333 |
| Licopeno | 5,312 | 53,119 | 0,0003 - 0,0546 |
| AA | 12,321 | 123,214 | 0,0589 - 5,8800 |
| α -tocoferol | 0,025 | 0,251 | 0,0010 - 0,1042 |
| α -tocotrienol | 0,074 | 0,741 | 0,0020 - 0,2041 |
| β -tocotrienol | 0,034 | 0,342 | 0,0032 - 0,1542 |
| γ -tocoferol | 0,025 | 0,252 | 0,0022 - 0,1076 |
| γ -tocotrienol | 0,042 | 0,423 | 0,0033 - 0,1576 |
| THF | 0,003 | 0,031 | 0,00004 - 0,04622 |
| 5-MTHF | 0,002 | 0,024 | 0,00001 - 0,01077 |
| 5-FTHF | 0,002 | 0,021 | 0,00003 - 0,00331 |

Os LD e LQ dos compostos detectados por fluorescência foram, em média, 300 vezes superiores ao dos compostos detectados por DAD. Esses dados refletem a maior sensibilidade do detector de fluorescência o que permitiu a identificação e quantificação de quantidades muito reduzidas de compostos nos frutos.

O LD dos compostos detectados por DAD variou de 5,312 a 12,321 $\mu\text{g mL}^{-1}$. O LD dos compostos detectados por fluorescência variou de 0,002 a 0,074 $\mu\text{g mL}^{-1}$. Pode-se perceber que os limites de detecção e quantificação foram baixos, o que permitiu a detecção de concentrações reduzidas dos carotenóides e vitaminas pesquisados.

A faixa de linearidade dos compostos analisados por DAD (β -caroteno, β -criptoxantina e AA) apresentou razão entre as concentrações máximas e mínimas injetadas de até 100 vezes (Tabela 10). Nos compostos avaliados com detecção por fluorescência a razão entre essas concentrações foi de 100 vezes para os isômeros de vitamina E e 1000 vezes para os isômeros de folatos. Observou-se que a faixa de linearidade para cada composto foi ampla e os coeficientes de correlação (R^2) foram superiores a 0,994, o que garantiu a obtenção de dados confiáveis e de quantidades reduzidas dos compostos nas amostras.

4.4.1.3. Recuperação

Os percentuais de recuperação dos isômeros de carotenóides e vitaminas identificados nos frutos são apresentados na Tabela 11.

A recuperação dos padrões de carotenóides e vitaminas adicionados às amostras foi superior a 92,9%, demonstrando boa porcentagem de recuperação para os componentes, o que diminuiu as chances de perdas durante o processo de extração e análise e garantiu a confiabilidade aos métodos utilizados.

Os carotenóides analisados apresentaram recuperação variando de 90,4 a 96,7, com média de 92,9%. Para o AA observou-se recuperação média de 95,8%. A recuperação média dos isômeros de vitamina E, foi superior à recuperação média dos folatos, sendo observados valores de 94,92% e 90,1%, respectivamente.

Tabela 11: Percentual de recuperação dos padrões de carotenóides e vitaminas adicionados em polpa de araticum, cagaita, jatobá, mangaba e pequi do Cerrado (Minas Gerais, Brasil) ¹

| Composto | Araticum | Cagaita | Jatobá | Mangaba | Pequi |
|-----------------|----------|---------|--------|---------|-------|
| α-caroteno | 96,3 | 93,3 | | | |
| β-caroteno | 91,2 | 96,7 | 93,2 | 90,4 | 94,2 |
| β-criptoxantina | | | | 91,3 | 93,2 |
| Licopeno | 90,8 | 91,1 | | | |
| AA | 98,4 | 92,4 | 93,7 | 95,3 | 97,1 |
| α-tocoferol | 98,3 | | 92,5 | 92,1 | 95,3 |
| α-tocotrienol | 95,2 | | | 96,2 | 97,4 |
| β-tocotrienol | | | | 97,2 | |
| γ-tocoferol | | | | | 94,3 |
| γ-tocotrienol | | | 92,2 | 91,3 | 91,9 |
| THF | 88,3 | 93,3 | 91,2 | 89,3 | 88,3 |
| 5-MTHF | 92,1 | 91,4 | 88,3 | 91,0 | 89,2 |
| 5-FTHF | | 94,2 | 87,4 | 89,0 | 85,0 |

¹ % de recuperação = (concentração final do isômero) - (concentração adicionada do isômero) / (concentração inicial do isômero) x 100

4.4.2. Composição qualitativa

As análises de AA, vitamina E e folatos tiveram tempo de corrida de 5; 20 e 33 minutos, respectivamente. Devido às diferenças na composição da fase móvel, a análise de carotenóides da polpa de araticum teve tempo de corrida de 22 minutos, enquanto que para as análises da cagaita, jatobá, mangaba e pequi o tempo de corrida foi de 15 minutos.

Os métodos de análise empregados permitiram boa resolução dos picos, o que garantiu adequada identificação e quantificação dos isômeros de carotenóides e vitaminas nas amostras. Informações sobre os perfis cromatográficos de análises de carotenóides e vitaminas em polpa *in natura* de araticum, cagaita, jatobá e mangaba e polpa cozida de pequi, obtidos por CLAE, não estão disponíveis na literatura especializada, o que não permitiu comparações sobre os perfis cromatográficos obtidos nesse estudo.

4.4.2.1. Araticum

Foi identificada na polpa de araticum a presença do licopeno (tempo de retenção - TR: 14,6 minutos), α -caroteno (TR: 18,2 minutos), β -caroteno (TR: 19,5 minutos); AA (TR: 3,3 minutos); α -tocoferol (TR: 5,7 minutos), α -tocotrienol (TR: 6,2 minutos); THF (TR: 9,9 minutos) e 5-MTHF (TR: 13,3 minutos). Não foram identificadas nas amostras a β -criptoxantina, licopeno; β -, γ - e δ -tocoferol, β -, γ - e δ -tocotrienol e 5-FTHF (Figura 6).

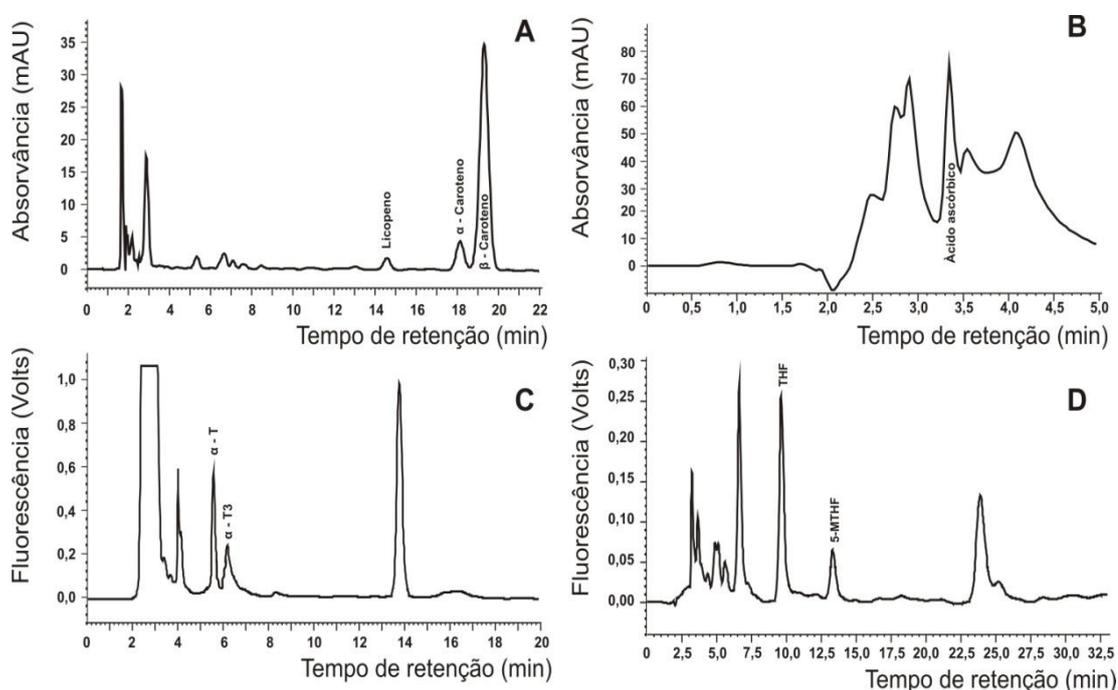


Figura 6: Análise por CLAE de carotenóides (A), vitamina C (B), vitamina E (C) e folatos (D) em polpa de araticum (*Annona crassiflora* Mart.) do Cerrado (Curvelo, Minas Gerais, Brasil). α -T: α -tocoferol; α -T3: α -tocotrienol. Condições cromatográficas: conforme descrito no item 3.10.

4.4.2.2. Cagaita

Na polpa de cagaita foi identificada a presença do licopeno (TR: 9,4 minutos), α -caroteno (TR: 11,8 minutos), β -caroteno (TR: 12,3 minutos); AA (TR: 3,4 minutos); THF (TR: 10,1 minutos), 5-MTHF (TR: 11,3 minutos) e 5-FTHF (TR: 21,8 minutos) (Figura 7). A β -criptoxantina e os oito isômeros da vitamina E, não foram identificados nas amostras.

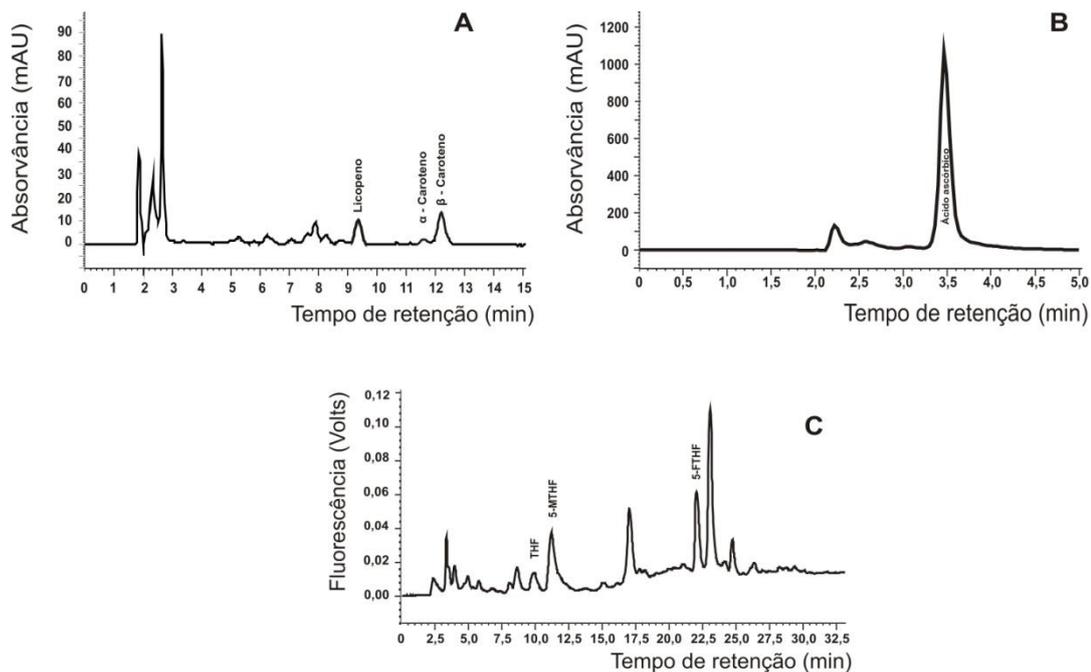


Figura 7: Análise por CLAE de carotenóides (A), vitamina C (B) e folatos (C) em polpa de cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.) do Cerrado (Felixlândia, Minas Gerais, Brasil). Condições cromatográficas: conforme descrito no item 3.10.

4.4.2.3. Jatobá

Foi identificada na polpa de jatobá a presença do β -caroteno (TR: 11,4 minutos); AA (TR: 3,3 minutos); α -tocoferol (TR: 4,5 minutos), γ -tocotrienol (TR: 8,6 minutos); THF (TR: 10,2 minutos) e 5-FTHF (TR: 19,3 minutos). Não foram identificados nas amostras o α -caroteno, β -criptoxantina, licopeno; β -, γ - e δ -tocoferol, α -, β -, e δ -tocotrienol e 5-MTHF (Figura 6).

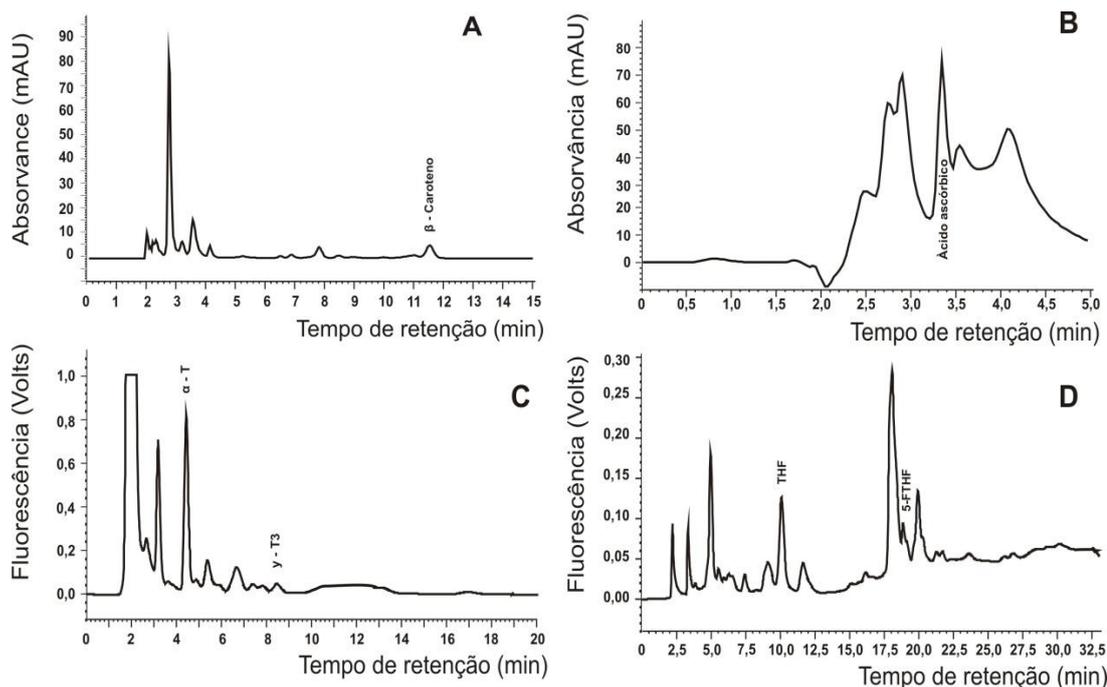


Figura 8: Análise por CLAE de carotenóides (A), vitamina C (B), vitamina E (C) e folatos (D) em polpa de jatobá (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.) do Cerrado (Curvelo, Minas Gerais, Brasil). α -T: α -tocoferol; γ -T3: γ -tocotrienol. Condições cromatográficas: conforme descrito no item 3.10.

4.4.2.4. Mangaba

Foram detectados na polpa de mangaba a presença de β -caroteno (TR: 12,4 minutos), β -criptoxantina (TR: 5,3 minutos) e AA (TR: 3,5 minutos). Dos oito isômeros da vitamina E investigados, foram identificados o α -tocoferol (TR: 5,2 minutos), α -, β - e γ -tocotrienol (TR: 5,5; 10,4; 11,2 minutos, respectivamente). Com relação aos folatos foram identificados o THF (TR: 8,2 minutos), 5-MTHF (TR: 10,2 minutos) e 5-FTHF (TR: 18,2 minutos). Não foi detectada nas amostras a presença de α -caroteno, licopeno; β -, γ - e δ -tocoferol e δ -tocotrienol (Figura 9).

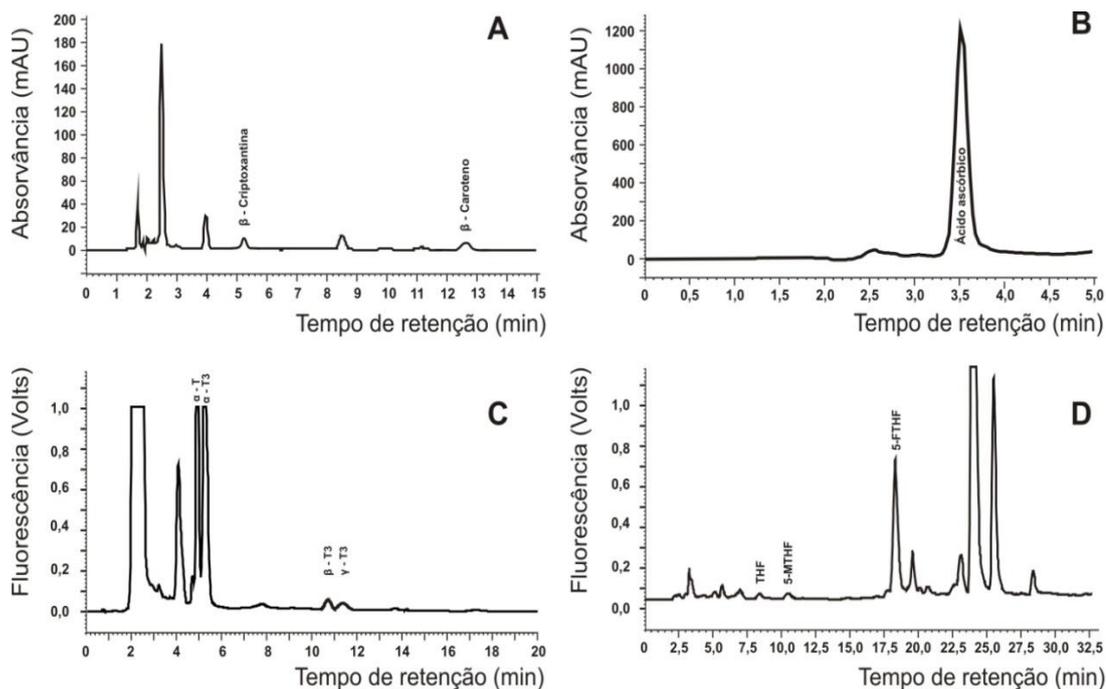


Figura 9: Análise por CLAE de carotenóides (A), vitamina C (B), vitamina E (C) e folatos (D) em polpa de manga (*Hancornia speciosa* Gomes) do Cerrado (Curvelo, Minas Gerais, Brasil). α -T: α -tocoferol; α -T3: α -tocotrienol; β -T3: β -tocotrienol; γ -T3: γ -tocotrienol. Condições cromatográficas: conforme descrito no item 3.10.

4.4.2.5. Pequi

Foi identificada na polpa de pequi cozida a presença de β -criptoxantina (TR: 5,2 minutos), β -caroteno (TR: 13,2 minutos); AA (TR: 3,5 minutos); α -tocoferol (TR: 6,3 minutos), α -tocotrienol (TR: 6,9 minutos), γ -tocoferol (TR: 9,3 minutos), γ -tocotrienol (TR: 10,6 minutos); THF (TR: 9,5 minutos), 5-MTHF (TR: 12,2 minutos) e 5-FTHF (TR: 19,6 minutos). Não foi identificada nas amostras a presença de α -caroteno, licopeno, β - e δ -tocoferol e tocotrienol (Figura 10).

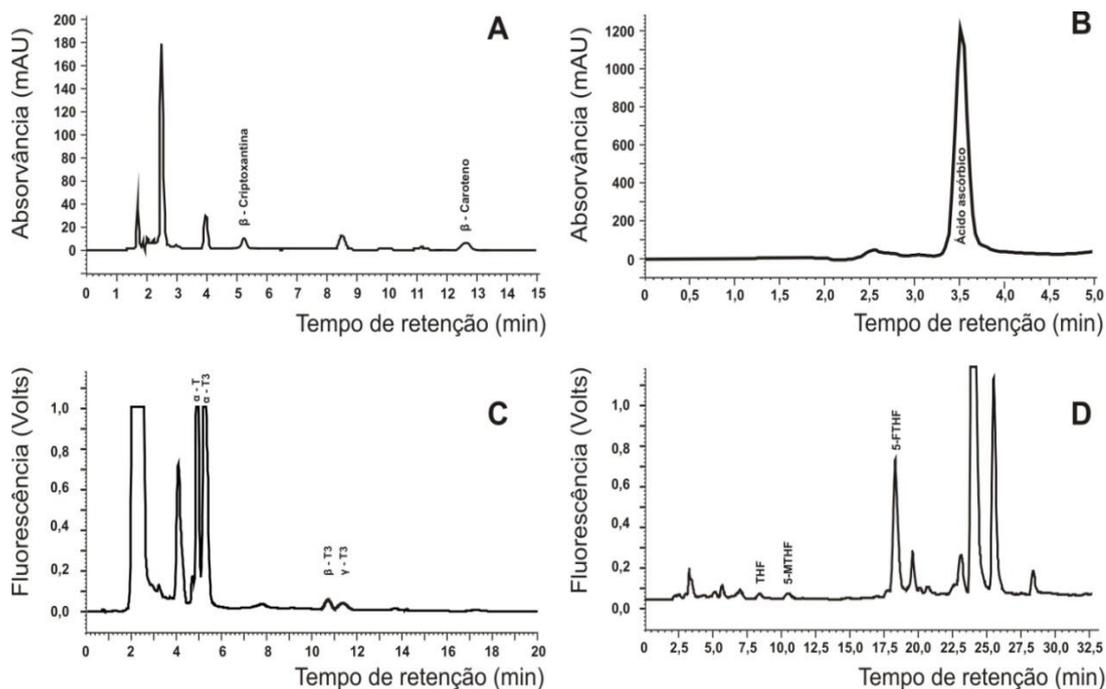


Figura 10: Análise por CLAE de carotenóides (A), vitamina C (B), vitamina E (C) e folatos (D) em polpa cozida de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) do Cerrado (Curvelo, Minas Gerais, Brasil). α-T: α-tocoferol; α-T3: α-tocotrienol; γ-T: γ-tocotrienol; γ-T3: γ-tocotrienol. Condições cromatográficas: conforme descrito no item 3.10.

4.5. Conteúdo de carotenóides e vitaminas nos frutos

4.5.1.1. Carotenóides

O conteúdo de carotenóides em polpa de frutos do Cerrado de Minas Gerais é apresentado na Tabela 12. Verificou-se que a polpa de pequi cozida apresentou conteúdo de carotenóides superior ao observado nas polpas de araticum, jatobá, cagaita e mangaba ($p < 0,05$).

O conteúdo de carotenóides no pequi foi similar ao encontrado em frutas fontes de carotenóides como o mamão *papaia* ($7,48 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$) e a goiaba ($7,34 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$) (OLIVEIRA et al., 2010). O araticum apresentou conteúdo 33% menor que o observado nessas fontes de carotenóides.

Informações sobre o conteúdo de carotenóides em frutos do Cerrado são escassas na literatura especializada. Não há relatos na literatura sobre a presença e o conteúdo desses compostos na polpa de araticum, cagaita e jatobá, o que impediu a realização de comparações sobre o conteúdo de carotenóides observados nesses frutos.

Tabela 12: Conteúdo de carotenóides em polpa de araticum, cagaita, jatobá, mangaba e pequi do Cerrado (Minas Gerais, Brasil) ^{1, 2, 3, 4}

| Compostos | Araticum | Cagaita | Jatobá | Mangaba | Pequi |
|--|--|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|---|
| Carotenóides (mg 100g ⁻¹) | 4,98 ± 1,12 ^b (100,0) | 0,77 ± 0,01 ^c (100,0) | 0,39 ± 0,13 ^c (100,0) | 0,12 ± 0,01 ^c (100,0) | 8,10 ± 2,23 ^a (100,0) |
| <i>α</i> -caroteno (mg 100g ⁻¹) | 2,98 ± 0,78 ^a (59,9) | 0,31 ± 0,02 ^b (41,4) | -- ⁵ | -- | -- |
| <i>β</i> -caroteno (mg 100g ⁻¹) | 1,97 ± 0,33 ^b (39,6) | 0,39 ± 0,02 ^c (50,8) | 0,39 ± 0,13 ^c (100,0) | 0,06 ± 0,01 ^c (52,6) | 4,24 ± 1,26 ^a (52,4) |
| <i>β</i> -criptoxantina (mg 100g ⁻¹) | -- | -- | -- | 0,05 ± 0,01 ^b (47,4) | 3,86 ± 0,97 ^a (47,6) |
| <i>Licopeno</i> (mg 100g ⁻¹) | 0,02 ± 0,01 ^a (0,5) | 0,06 ± 0,00 ^a (6) | -- | -- | -- |
| Valor de vitamina A (RAE 100g ⁻¹) | 288,79 ± 36,91 ^b (100,0) | 45,53 ± 2,68 ^c (100,0) | 32,43 ± 9,72 ^c (100,0) | 7,47 ± 0,40 ^c (100,0) | 514,38 ± 118,12 ^a (100,0) |

¹ valores expressos em matéria fresca; ² média de 5 repetições; ³ dados apresentados em: média ± desvio padrão (percentual em relação ao total); ⁴ Médias seguidas de uma mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5% de significância; ⁵ não detectado

A polpa de mangaba de Minas Gerais apresentou conteúdo de carotenóides aproximadamente 60% menor que o observado em mangaba do Piauí (0,30 mg 100g⁻¹) (RUFINO et al., 2010). A grande diferença entre o conteúdo observado nos frutos de Minas Gerais e nos frutos do Piauí pode ser atribuída a diferenças edafoclimáticas dos locais de cultivos e pode refletir alta variabilidade natural da espécie.

O conteúdo de carotenóides da polpa de pequi cozida foi aproximadamente 50% inferior ao encontrado por Ramos et al., (2001) em polpa de pequi cozida (15,40 mg 100g⁻¹). Deve-se ressaltar que diferentemente do presente estudo, no qual se investigou a presença e o conteúdo de quatro isômeros de carotenóides, Ramos et al., (2001), pesquisaram o conteúdo de carotenóides totais, sendo identificados e quantificados o *β*-caroteno, *β*-criptoxantina, *ζ*-caroteno, criptoflavina, anteraxantina, zeaxantina e mutaxantina. Após o processo de cocção, a polpa de pequi cozida apresentou conteúdo de carotenóides similar ao observado em polpa de pequi *in natura* (OLIVEIRA et al., 2006).

Entre os carotenóides investigados, o *β*-caroteno foi o componente majoritário em todos os frutos, exceto no araticum, no qual o principal

isômero observado foi o α -caroteno. Além do β -caroteno, presente em todos os frutos, e do α -caroteno, encontrado no araticum e cagaita, verificou-se elevado percentual de β -criptoxantina na mangaba e pequi e reduzidas quantidades de licopeno no araticum e cagaita.

Alguns carotenóides presentes nos alimentos como o α - caroteno, β -caroteno e β -criptoxantina apresentam atividade pró-vitáminica A e como tal, desempenham importante papel nutricional, em especial em países em desenvolvimento nos quais sua deficiência é considerada como um dos mais graves problemas de saúde pública. Utilizando os fatores de conversão para os carotenóides pró-vitáminicos A (U. S INSTITUTE OF MEDICINE, 2001), verificou-se que o maior valor de vitamina A foi encontrado na polpa de pequi. Esse valor foi superior ao observado por Ramos et al., (2001) em polpa de pequi cozida (374,8 RAE 100g⁻¹) e polpa *in natura* (494 RAE 100g⁻¹).

O valor de vitamina A das polpas de pequi cozida e araticum ($p > 0,05$) foi superior ao de frutas comercializadas no estado de Minas Gerais tais como a ameixa japonesa (43,0 RAE 100g⁻¹), acerola (175,0 RAE 100g⁻¹), caqui (58,4 RAE 100g⁻¹), maracujá doce (89,5 RAE 100g⁻¹) e mamão *formosa* (76,7 RAE 100g⁻¹) (SOUZA et al., 2004). A cagaita apresentou valor de vitamina A superior ao do pêssego (48,5 RAE 100g⁻¹). O valor de vitamina A do jatobá foi superior ao da carambola (18,2 RAE 100g⁻¹) e a mangaba apresentou valor de vitamina A superior ao do morango (4,14 RAE 100g⁻¹) (SOUZA et al., 2004).

4.5.1.2. Vitamina C

As informações referentes ao teor de vitamina C em polpa de frutos do Cerrado Mineiro estão dispostas na Tabela 13.

Todos os frutos analisados apresentaram o AA como componente principal, o qual fez mais de 61,9% do conteúdo total de vitamina C. A contribuição do ADA variou amplamente nas amostras (de 8,8% a 38,1%), não sendo observada a presença desse no araticum e jatobá. A mangaba apresentou o maior conteúdo de ADA, o qual foi superior ao encontrado no mamão (1,6%), na manga (6,3%) e na goiaba (15,0%) por Oliveira et al.,

(2010) e Barata-Soares et al., (2004). O elevado percentual de ADA observado na mangaba e a presença desse componente em outros frutos do Cerrado demonstram a importância da determinação desse isômero da vitamina C em frutos.

Tabela 13: Conteúdo de vitamina C em polpa de araticum, cagaita, jatobá, mangaba e pequi do Cerrado (Minas Gerais, Brasil) ^{1, 2, 3, 4}

| Compostos | Araticum | Cagaita | Jatobá | Mangaba | Pequi |
|--|-------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--|--------------------------------------|
| Vitamina C total (mg 100g ⁻¹) | 5,23 ± 7,19 ^c (100,0) | 34,11 ± 1,48 ^b (100,0) | 8,91 ± 1,86 ^c (100,0) | 165,82 ± 24,46 ^a (100,0) | 14,33 ± 0,32 ^c (100,0) |
| AA (mg 100g ⁻¹) | 5,23 ± 7,19 ^c (100,0) | 30,03 ± 2,77 ^b (88,1) | 8,91 ± 1,86 ^c (100,0) | 102,77 ± 12,82 ^a (61,9) | 13,06 ± 0,53 ^c (91,2) |
| ADA (mg 100g ⁻¹) | -- ⁵ | 4,08 ± 1,64 ^b (11,9) | -- | 63,04 ± 17,62 ^a (38,0) | 1,27 ± 0,45 ^b (8,8) |

¹ valores expressos em matéria fresca; ² média de 5 repetições; ³ dados apresentados em: média ± desvio padrão (percentual em relação ao total); ⁴ Médias seguidas de uma mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5% de significância; ⁵ não detectado

O conteúdo total de vitamina C na mangaba foi estatisticamente superior aos dos demais frutos analisados ($p < 0,05$). A polpa de mangaba apresentou conteúdo de vitamina C superior ao observado por Moura et al., (2002), em frutos de Goiás. Esse teor foi aproximadamente 50% superior ao encontrado em frutas consideradas excelentes fontes de vitamina C tais como o mamão (80,2 mg 100g⁻¹) e a goiaba (85,9 mg 100g⁻¹) (NÚCLEO DE ESTUDOS E PESQUISA EM ALIMENTAÇÃO, 2006; OLIVEIRA et al., 2010)

A cagaita apresentou teor de vitamina C superior ao observado por Silva et al., (2008a) em polpa de cagaita do Cerrado de Goiás (27,46 mg 100g⁻¹). O teor de vitamina C na cagaita foi superior, ainda, ao encontrado em frutas reconhecidas pela população como fonte de vitamina C como o maracujá (20,0 mg 100g⁻¹), a pitanga (24,9 mg 100g⁻¹), a mexerica (21,8 mg 100g⁻¹) e o limão (31,0 mg 100g⁻¹) (NÚCLEO DE ESTUDOS E PESQUISA EM ALIMENTAÇÃO, 2006).

O conteúdo de vitamina C na polpa de pequi cozida foi superior ao encontrado em pequi *in natura* (8,30 mg 100g⁻¹) (NÚCLEO DE ESTUDOS E PESQUISA EM ALIMENTAÇÃO, 2006). A polpa de pequi cozida apresentou vitamina C, em média, 25% menor que o observado em frutas amplamente

consumidas pela população brasileira e tidas como fontes de vitamina C como a manga (17,5 mg 100g⁻¹) (OLIVEIRA et al., 2010) e o maracujá (20,0 mg 100g⁻¹) (NÚCLEO DE ESTUDOS E PESQUISA EM ALIMENTAÇÃO, 2006).

O araticum apresentou conteúdo de vitamina C inferior ao observado por Silva et al., (2009b) em frutos do estado do Goiás (34,0 mg 100g⁻¹). O conteúdo de vitaminas C nas polpas de araticum e jatobá, apesar de reduzido, foi superior ao encontrado na maçã (1,50 mg 100g⁻¹), pitanga (4,80 mg 100g⁻¹), uva (1,90 mg 100g⁻¹) e pêssego (3,30 mg 100g⁻¹) (NÚCLEO DE ESTUDOS E PESQUISA EM ALIMENTAÇÃO, 2006).

4.5.1.3. Vitamina E

O conteúdo de vitamina E em polpa de frutos do Cerrado de Minas Gerais é apresentado na Tabela 14.

Tabela 14: Conteúdo de vitamina E em polpa de araticum, cagaita, jatobá, mangaba e pequi do Cerrado (Minas Gerais, Brasil) ^{1, 2, 3, 4}

| Compostos | Araticum | Cagaita | Jatobá | Mangaba | Pequi |
|---|--|-----------------|--|---|--|
| Vitamina E total ($\mu\text{g } 100\text{g}^{-1}$) | 494,04 \pm 16,87 ^b (100,0) | -- ⁵ | 495,54 \pm 37,53 ^b (100,0) | 2732,47 \pm 77,27 ^a (100,0) | 170,81 \pm 11,39 ^c (100,0) |
| α -tocoferol ($\mu\text{g } 100\text{g}^{-1}$) | 163,11 \pm 7,76 ^c (32,9) | -- | 439,99 \pm 41,10 ^b (88,8) | 538,35 \pm 39,75 ^a (19,7) | 58,77 \pm 12,70 ^d (34,4) |
| α -tocotrienol ($\mu\text{g } 100\text{g}^{-1}$) | 332,94 \pm 9,61 ^b (67,1) | -- | -- | 2129,22 \pm 724,67 ^a (77,9) | 50,07 \pm 6,45 ^c (29,3) |
| β -tocotrienol ($\mu\text{g } 100\text{g}^{-1}$) | -- | -- | -- | 50,54 \pm 19,13 (1,8) | -- |
| γ -tocoferol ($\mu\text{g } 100\text{g}^{-1}$) | -- | -- | -- | -- | 38,31 \pm 4,13 (22,4) |
| γ -tocotrienol ($\mu\text{g } 100\text{g}^{-1}$) | -- | -- | 55,54 \pm 18,31 ^a (11,2) | 14,35 \pm 4,01 ^b (0,5) | 23,65 \pm 0,65 ^b (13,8) |

¹ valores expressos em matéria fresca; ² média de 5 repetições; ³ dados apresentados em: média \pm desvio padrão (percentual em relação ao total); ⁴ Médias seguidas de uma mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5% de significância; ⁵ não detectado

Dados sobre o conteúdo de vitamina E em polpa de frutas em geral são escassos na literatura especializada, não sendo observadas informações sobre a presença e o conteúdo dessa vitamina em frutos do Cerrado.

O conteúdo de vitamina E na polpa de mangaba foi superior ao observado por Chun et al., (2009) em dez frutos amplamente consumidos pelas populações ocidentais (uva, morango, pêra, amora, banana, pêssego, amora, laranja, kiwi e manga). A concentração de vitamina E na mangaba foi similar apenas ao observado no abacate ($2750,00 \mu\text{g } 100\text{g}^{-1}$) (CHUN et al., 2009), o que mostra que em comparação com a maioria das frutas consumidas pela população, a mangaba apresenta teor superior de vitamina E.

As polpas de araticum e jatobá ($p > 0,05$) apresentaram conteúdo de vitamina E inferior ao encontrado no pêssego ($790,00 \mu\text{g } 100\text{g}^{-1}$) e uva ($540,0 \mu\text{g } 100\text{g}^{-1}$) e superior ao morango ($410,00 \mu\text{g } 100\text{g}^{-1}$) e pêra ($420,00 \mu\text{g } 100\text{g}^{-1}$) (CHUN et al., 2009). A polpa de pequi apresentou reduzido conteúdo de vitamina E, sendo esse superior ao observado na banana ($150,00 \mu\text{g } 100\text{g}^{-1}$) e inferior aos demais frutos analisados por Chun et al., (2009).

Entre os isômeros pesquisados, verificou-se a presença de α -tocoferol em todas as amostras, sendo esse o componente majoritário nas polpas de jatobá e pequi. Nas polpas de araticum e mangaba, o principal isômero de vitamina E observado foi o α -tocotrienol, perfazendo 67 e 88% do conteúdo total, respectivamente. Os isômeros β - e δ - tocoferol e δ -tocotrienol não foram identificados em nenhum dos frutos.

4.5.1.4. Folatos

A Tabela 15 apresenta as informações referentes ao conteúdo de folatos em polpa de frutos do Cerrado Mineiro. Verificou-se ampla variação no conteúdo dessa vitamina nos frutos com concentrações variando de $5,16 \mu\text{g } 100\text{g}^{-1}$ a $98,31 \mu\text{g } 100\text{g}^{-1}$. O maior conteúdo foi encontrado na mangaba e o menor foi observado no pequi cozida ($p < 0,05$).

Informações sobre a presença e o conteúdo de folatos em frutas em geral são escassas na literatura, sendo observada a inexistência de informações sobre a presença dessas vitaminas na polpa dos frutos do Cerrado.

Tabela 15: Conteúdo de folatos em polpa de araticum, cagaita, jatobá, mangaba e pequi do Cerrado (Minas Gerais, Brasil) ^{1,2,3,4}

| Compostos | Araticum | Cagaita | Jatobá | Mangaba | Pequi |
|---|--|--|--|---|---|
| Folatos (total) ($\mu\text{g } 100\text{g}^{-1}$) | 27,36 \pm 2,31 ^c (100,0) | 25,74 \pm 4,64 ^c (100,0) | 53,46 \pm 4,16 ^b (100,0) | 98,31 \pm 19,62 ^a (100,0) | 5,16 \pm 0,01 ^d (100,0) |
| THF ($\mu\text{g } 100\text{g}^{-1}$) | 21,97 \pm 2,11 ^b (80,3) | 2,13 \pm 0,95 ^{cd} (8,3) | 26,94 \pm 0,92 ^a (50,4) | 2,93 \pm 0,55 ^c (3,0) | 0,84 \pm 0,02 ^d (16,3) |
| 5-MTHF ($\mu\text{g } 100\text{g}^{-1}$) | 5,39 \pm 0,51 ^b (19,7) | 7,68 \pm 1,57 ^a (29,8) | -- | 3,48 \pm 0,47 ^c (3,5) | 4,31 \pm 0,01 ^{bc} (83,6) |
| 5-FTHF ($\mu\text{g } 100\text{g}^{-1}$) | -- ⁵ | 15,93 \pm 3,72 ^b (61,9) | 26,52 \pm 4,40 ^b (49,6) | 91,89 \pm 18,62 ^a (93,5) | 0,01 \pm 0,00 ^b (0,2) |

¹ valores expressos em matéria fresca; ² média de 5 repetições; ³ dados apresentados em: média \pm desvio padrão (percentual em relação ao total); ⁴ Médias seguidas de uma mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5% de significância; ⁵ não detectado

As polpas de mangaba e jatobá ($p > 0,05$) apresentaram concentração de folatos superior às observadas em frutos consumidos pela população brasileira, nos quais o conteúdo variou na faixa de 8,00 $\mu\text{g } 100\text{g}^{-1}$ a 38,15 $\mu\text{g } 100\text{g}^{-1}$ (U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 2009; HEFNI et al., 2010). Os conteúdos de folatos na mangaba e jatobá foram, em média, 3,3 e 1,8 vezes maiores que os encontrados nas frutas que apresentam elevado conteúdo de folatos tais como o morango (24,09 $\mu\text{g } 100\text{g}^{-1}$), a amora (25,00 $\mu\text{g } 100\text{g}^{-1}$), a laranja (30,00 $\mu\text{g } 100\text{g}^{-1}$) e o mamão (38,15 $\mu\text{g } 100\text{g}^{-1}$) (U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 2009).

O araticum e cagaita apresentaram conteúdo de folatos superior à manga (14,09 $\mu\text{g } 100\text{g}^{-1}$) e abacaxi (15,12 $\mu\text{g } 100\text{g}^{-1}$) e similar ao encontrado na amora (25,00 $\mu\text{g } 100\text{g}^{-1}$), morango (24,09 $\mu\text{g } 100\text{g}^{-1}$) e laranja (30,00 $\mu\text{g } 100\text{g}^{-1}$) (U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 2009). O conteúdo de folatos presente no pequi foi superior ao observado na banana (8,00 $\mu\text{g } 100\text{g}^{-1}$) (HEFNI et al., 2010).

Assim como o conteúdo de folatos na polpa dos frutos, observou-se grande variação na contribuição dos isômeros para o conteúdo de folatos. Entre os isômeros investigados, observou-se a presença do THF em todos os frutos, sendo esse o componente majoritário no araticum e jatobá. O 5-FTHF, componente principal na cagaita e mangaba, não foi identificado na polpa de araticum. O 5-MTHF, componente majoritário na polpa de pequi,

não foi encontrado apenas no jatobá.

Segundo Jastrebova et al., (2003), o componente majoritário em frutas e hortaliças é o 5-MTHF, o que, de forma geral, difere do observado no presente estudo. Della Lucia et al., (2011) também verificaram forma predominante de folatos em hortaliças diferente da sugerida por Jastrebova et al., (2003), o que demonstra que a contribuição dos isômeros para o conteúdo de folatos totais em frutas e hortaliças pode variar amplamente entre os diferentes grupos e variedades de alimentos.

4.5.2. Valor nutricional das polpas de frutos do Cerrado como fontes de vitaminas

Os alimentos podem ser classificados como "fontes" de um nutriente quando suprem de 5 a 10% das *Dietary Reference Intake* (DRI), como "boas fontes" quando suprem de 10 a 20% da DRI e como "fontes excelentes", quando atendem mais de 20% da DRI (PHILIPPI, 2008). Considerando a recomendação de vitamina A para homens adultos com idade entre 19 e 30 anos (U. S INSTITUTE OF MEDICINE, 2001) observou-se que a cagaita mostrou-se fonte de vitamina A. O pequi e o araticum mostraram-se excelentes fontes dessa vitamina (Tabela 16).

Tabela 16: Contribuição das polpas de frutos do Cerrado para o suprimento das recomendações diárias de vitamina A para crianças, adultos e gestantes.

| Frutos | Valor de vitamina A (RAE 100g ⁻¹) | % de adequação da ingestão ¹ | | |
|----------|--|---|----------------|-----------|
| | | Crianças | Homens adultos | Gestantes |
| Araticum | 288,79 | 72,2 | 32,1 | 37,5 |
| Cagaita | 45,53 | 11,4 | 5,1 | 5,9 |
| Jatobá | 32,43 | 8,1 | 3,6 | 4,2 |
| Mangaba | 7,47 | 1,9 | 0,8 | 1,0 |
| Pequi | 515,38 | 128,8 | 57,3 | 66,9 |

¹ Calculado com base nas *Recommended Dietary Allowance* de vitamina A para crianças com idade entre 4 e 8 anos (400 µg), homens adultos com idade entre 19 e 30 anos (900 µg) e gestantes com idade entre 19 e 30 anos (770 µg) (U. S INSTITUTE OF MEDICINE, 2001).

Considerando a recomendação de vitamina C para homens adultos com idade entre 19 e 30 anos (U. S INSTITUTE OF MEDICINE, 2001), verificou-se que o araticum e o jatobá mostraram-se fontes de vitamina C, o

pequi foi boa fonte, a cagaita e mangaba excelentes fontes (Tabela 17). O consumo de 100 g de mangaba excedeu as recomendações de vitamina C para crianças, adultos e gestantes, sem, no entanto, ultrapassar o nível de ingestão de vitamina C tolerável (UL) (U. S INSTITUTE OF MEDICINE, 2001).

Tabela 17: Contribuição das polpas de frutos do Cerrado para o suprimento das recomendações diárias de vitamina C para crianças, adultos e gestantes.

| Frutos | Vitamina C (mg 100g ⁻¹) | % de adequação da ingestão ¹ | | |
|----------|--|---|----------------|-----------|
| | | Crianças | Homens adultos | Gestantes |
| Araticum | 5,23 | 20,9 | 5,8 | 7,0 |
| Cagaita | 34,11 | 136,4 | 37,9 | 45,5 |
| Jatobá | 8,91 | 35,6 | 9,9 | 11,9 |
| Mangaba | 165,82 | 663,3 | 184,2 | 221,1 |
| Pequi | 14,33 | 57,3 | 15,9 | 19,1 |

¹ Calculado com base nas *Recommended Dietary Allowance* de vitamina C para crianças com idade entre 4 e 8 anos (25 mg), homens adultos com idade entre 19 e 30 anos (90 mg) e gestantes com idade entre 19 e 30 anos (75 mg) (U. S INSTITUTE OF MEDICINE, 2001).

A contribuição dos frutos do Cerrado de Minas Gerais para o suprimento das recomendações diárias de vitamina E foi pouco expressiva (Tabela 18). Apesar de apresentar teor de vitamina E superior ao de frutas amplamente consumidas pela população brasileira, o consumo de uma porção de mangaba supriu 3,6% da recomendação para adultos. As polpas de araticum, jatobá e pequi contribuíram com menos de 6,3% das recomendações de vitamina E para os respectivos grupos.

Tabela 18: Contribuição polpas de frutos do Cerrado para o suprimento das recomendações diárias de vitamina E para crianças, adultos e gestantes.

| Frutos | Conteúdo de α -tocoferol (μ g 100g ⁻¹) | % de adequação da ingestão ¹ | | |
|----------|---|---|----------------|-----------|
| | | Crianças | Homens adultos | Gestantes |
| Araticum | 163,11 | 2,3 | 1,1 | 1,1 |
| Jatobá | 439,99 | 6,3 | 2,9 | 2,9 |
| Mangaba | 538,35 | 7,7 | 3,6 | 3,6 |
| Pequi | 58,77 | 0,8 | 0,4 | 0,4 |

¹ Calculado com base nas *Recommended Dietary Allowance* de vitamina E para crianças com idade entre 4 e 8 anos (7 mg), homens adultos com idade entre 19 e 30 anos (15 mg) e gestantes com idade entre 19 e 30 anos (15 mg) (U. S INSTITUTE OF MEDICINE, 2001).

Considerando a recomendação de folatos para homens adultos com idade entre 19 e 30 anos (U. S INSTITUTE OF MEDICINE, 2001), observou-

se que o araticum e a cagaita mostraram-se fontes de folatos; o jatobá foi boa fonte; e a mangaba excelente fonte (Tabela 19).

Tabela 19: Contribuição das polpas de frutos do Cerrado Mineiro para o suprimento das recomendações diárias de folatos para crianças, adultos e gestantes.

| Frutos | Conteúdo de folatos ($\mu\text{g } 100\text{g}^{-1}$) | % de adequação da ingestão ¹ | | |
|----------|---|---|----------------|-----------|
| | | Crianças | Homens adultos | Gestantes |
| Araticum | 27,36 | 13,7 | 6,8 | 4,6 |
| Cagaita | 25,74 | 12,9 | 6,4 | 4,3 |
| Jatobá | 53,46 | 26,7 | 13,4 | 8,9 |
| Mangaba | 98,31 | 49,2 | 24,6 | 16,4 |
| Pequi | 5,16 | 2,6 | 1,3 | 0,9 |

¹ Calculado com base nas *Recommended Dietary Allowance* de folatos para crianças com idade entre 4 e 8 anos (200 μg), homens adultos com idade entre 19 e 30 anos (400 μg) e gestantes com idade entre 19 e 30 anos (600 μg) (U. S. INSTITUTE OF MEDICINE, 2001).

Apesar de alguns frutos contribuírem de forma reduzida para o suprimento de algumas vitaminas, os frutos do Cerrado de Minas Gerais analisados constituem uma importante ferramenta para diminuir o risco de insegurança alimentar e nutricional. Sob o ponto de vista nutricional, a contribuição desses frutos para o suprimento de vitaminas, mesmo que reduzida, é extremamente relevante, uma vez que esses estão presentes onde alimentos fontes dessas vitaminas podem não estar disponíveis ao longo de todo ano, ou mesmo, presentes em quantidades insuficientes para atender às necessidades de determinados grupos.

Alguns dos frutos analisados estão disponíveis para a população em um mesmo período de safra, como, por exemplo, a cagaita e mangaba nos meses de outubro e novembro, e isso contribui para que o consumo desses ocorra de forma concomitante. Assim, o consumo concomitante desses frutos, juntamente a outros frutos do Cerrado que podem apresentar elevado valor nutricional e conteúdo de carotenóides e vitaminas, pode complementar a ingestão de nutrientes que por ventura possam estar presentes em quantidades reduzidas em um fruto.

Os frutos analisados são amplamente acessíveis à população, podendo ser obtidos gratuitamente pelas famílias que participam do extrativismo do Cerrado em época de safra, bem como, adquiridos a preço reduzido. Esses frutos constituem ainda uma nova alternativa alimentar para a população em geral e possuem um futuro promissor abrindo novas perspectivas para a exploração agroindustrial. A demanda interna e externa

por novos sabores, muitas vezes obtidos através de alimentos exóticos como os frutos do Cerrado, poderá ser suprida por esses frutos, visto que tais sabores ainda são desconhecidos em muitos países.

5. CONCLUSÕES

Os frutos do Cerrado de Minas Gerais apresentaram cores atrativas e formas variadas. O araticum, cagaita e mangaba apresentaram rendimento de polpa elevado o que lhes conferem grande importância para o processamento tecnológico. O pequi e o jatobá apresentaram reduzido conteúdo de polpa e elevado rendimento de casca, o que pode onerar e dificultar o seu aproveitamento tecnológico.

A polpa dos frutos apresentaram excelente valor nutricional, sendo observada em sua composição a presença de macro e micronutrientes. A polpa de araticum apresentou elevado valor energético, sendo fonte de fibra alimentar, lipídios, vitamina C e folatos, e excelente fonte de vitamina A.

A polpa de cagaita apresentou reduzido valor energético, foi fonte de vitamina A e folatos, e excelente fonte de vitamina C.

A mangaba apresentou polpa com reduzido valor energético, sendo excelente fonte de vitamina C e folatos. O conteúdo de vitamina E na mangaba foi superior à maioria das frutas consumidas pela população brasileira.

O jatobá apresentou elevado conteúdo de carboidratos, proteínas, cinzas, fibra alimentar total e valor energético, e foi fonte de vitamina C e boa fonte de folatos.

A polpa de pequi cozida mostrou-se fonte de fibra alimentar, lipídios, boa fonte de vitamina C e excelente fonte de lipídios e vitamina A. O valor energético e o conteúdo de lipídios do pequi foram superiores ao de diversas frutas brasileiras.

O araticum, cagaita, jatobá, mangaba e pequi do Cerrado de Minas Gerais constituem uma importante alternativa alimentar podendo contribuir para o acesso a uma alimentação adequada, em especial em regiões que possuem elevado nível de insegurança alimentar e onde alimentos

tradicionais da dieta brasileira e considerados fontes desses nutrientes podem estar escassos ou ausentes. Esses frutos constituem ainda uma alternativa alimentar para a população em geral, devido ao seu excelente valor nutricional e características sensoriais agradáveis e exóticas, e possuem futuro promissor abrindo novas perspectivas para a exploração agroindustrial.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. *Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. 16. ed. Washington, D.C.: Association of Official Analytical Chemists, 1998.

AZZI, A.; STOCKER, A. Vitamin E: non-antioxidant roles. *Progress in Lipid Research* [S.I.], v. 39, n. 3, p. 231-255, 2000.

BALL, G. F. M. *Bioavailability and analysis of vitamins in foods*. London: Chapman & Hall, 1998.

BARATA-SOARES, A. D. et al. Ascorbic acid biosynthesis: a precursor study on plants. *Brazilian Journal of Plant Physiology* [S.I.], v. 16, p. 147-154, 2004.

BLAKEL, R. L. The biochemistry of folic acid and related pteridines *In: Frontiers of Biology*. Amsterdam: North Holland Publishing Company, 1969. p. 92-94.

BUSTAMANTE-RANGEL, M. et al. Determination of tocopherols and tocotrienols in cereals by pressurized liquid extraction-liquid chromatography-mass spectrometry. *Analytica Chimica Acta* [S.I.], v. 587, n. 2, p. 216-221, 2007.

CAMPOS, F. M. et al. Optimization of methodology to analyze ascorbic and dehydroascorbic acid in vegetables. *Química Nova* [S.I.], v. 32, p. 87-91, 2009.

CATHARINO, R. R. et al. Metodologia analítica para determinação de folatos e ácido fólico em alimentos. *Química Nova* [S.I.], v. 29, p. 972-976, 2006.

CHEN, J. Y. et al. α -Tocopherol Content and Oxidative Stability of Egg Yolk as Related to Dietary α -Tocopherol. *Journal of Food Science* [S.I.], v. 63, n. 5, p. 919-922, 1998.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. *Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio*. 2005.

CHUN, J. et al. Tocopherol and tocotrienol contents of raw and processed fruits and vegetables in the United States diet. *Journal of Food Composition and Analysis* [S.I.], v. 19, n. 2-3, p. 196-204, 2006/5// 2009.

DELLA LUCIA, C. M. et al. Otimização de método para análise de folatos em hortaliças folhosas por cromatografia líquida de alta eficiência com detecção por fluorescência. *Química Nova* [S.I.], v. 34, n. 2, p. 335-340, 2011.

EICHHOLZER, M. et al. Folic acid: a public-health challenge. *The Lancet* [S.I.], v. 367, n. 9519, p. 1352-1361, 2006/4/28/ 2006.

FONSECA, C. E. L.; SANO, S. M. Taxa de sobrevivência e frutificação de espécies nativas do cerrado. *Boletim de Pesquisa e desenvolvimento* [S.I.], p. 20, 2003.

FRARY, C. D.; JOHNSON, R. K. Energia. In: MAHAN, L. K.; ESCOTT-STUMP, S. (Ed.). *Krause: alimentos, nutrição e dietoterapia*. São Paulo: Rocca, 2005. p. 20-34.

GALGANO, F. et al. Effect of chilling on the vitamin C content of fennel during storage. *Journal of Food Science* [S.I.], v. 14, p. 167-173, 2002.

GONZÁLEZ, A. I. G.; CARBALLO, M. G. Ácido fólico y defectos del tubo neural en Atención Primaria. *Medifam* [S.I.], v. 13, p. 69-74, 2003.

GUINAZI, M. et al. Tocoferóis e tocotrienóis em óleos vegetais e ovos. *Química Nova* [S.I.], v. 32, p. 2098-2103, 2009.

HEFNI, M. et al. Folate content in foods commonly consumed in Egypt. *Food Chemistry* [S.I.], v. 121, n. 2, p. 540-545, 2010.

HERNÁNDEZ, Y. et al. Determination of vitamin C in tropical fruits: A comparative evaluation of methods. *Food Chemistry* [S.I.], v. 96, n. 4, p. 654-664, 2006.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. *Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz*. São Paulo: Instituto, 2005.

JASTREBOVA, J. et al. HPLC determination of folates in raw and processed beetroots. *Food Chemistry* [S.I.], v. 80, n. 4, p. 579-588, 2003.

LANÇAS, F. M. *Validação de Métodos Cromatográficos de Análise*. 6. ed. São Carlos: Rima, 2004.

LEE, L. et al. Rapid liquid chromatographic assay of vitamin E and retinyl palmitate in extruded weaning foods. *Journal of Food Science* [S.I.], v. 64, n. 6, p. 968-972, 1999.

LEE, S. K.; KADER, A. A. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology* [S.I.], v. 20, p. 207-220, 2000.

LIMA, A. et al. Composição química e compostos bioativos presentes na polpa e na amêndoa do pequi (*Caryocar brasiliense*, Camb.). *Revista Brasileira de Fruticultura* [S.I.], v. 29, p. 695-698, 2007.

MAIANI, G. et al. Carotenoids: Actual knowledge on food sources, intakes,

stability and bioavailability and their protective role in humans. *Molecular Nutrition & Food Research* [S.I.], v. 53, n. 2, p. 194-218, 2009.

MERCADANTE, A. Z. Chromatographic separation of carotenoids. *Archivos Latinoamericanos de Nutricion* [S.I.], v. 49, n. 3, p. 52-57, 1999.

MOURA, C. F. H. et al. Quality of fruits native to Latin America for Processing: Mangaba (*Hancornia speciosa* GOMES). *Acta Horticulturae* [S.I.], v. 575, p. 549-554, 2002.

MURSU, J. et al. Intake of flavonoids and risk of cancer in Finnish men: The Kuopio Ischaemic Heart Disease Risk Factor Study. *International Journal of Cancer* [S.I.], v. 123, n. 3, p. 660-663, 2008.

NAGAOKA, S.-I. et al. Kinetics of the reaction by which natural vitamin E is regenerated by vitamin C. *Chemistry and Physics of Lipids* [S.I.], v. 146, n. 1, p. 26-32, 2007.

NETO, G. G.; MORAIS, R. G. Recursos Medicinais de Espécies do Cerrado de Mato Grosso: um estudo bibliográfico. *Acta Botanica Brasilica* [S.I.], v. 17, p. 561-584, 2003.

NISHINO, H. Cancer prevention by carotenoids. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis* [S.I.], v. 402, n. 1-2, p. 159-163, 1998.

NÚCLEO DE ESTUDOS E PESQUISA EM ALIMENTAÇÃO. *Tabela Brasileira de Composição de Alimentos*. 2. ed. Campinas, SP: NEPA-UNICAMP, 2006.

OLIVEIRA, D. D. S. et al. Carotenoids and Vitamin C during Handling and Distribution of Guava (*Psidium guajava* L.), Mango (*Mangifera indica* L.), and Papaya (*Carica papaya* L.) at Commercial Restaurants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [S.I.], v. 58, n. 10, p. 6166-6172, 2010.

OLIVEIRA, M. N. S. et al. Estádio de maturação dos frutos e fatores relacionados aos aspectos nutritivos e de textura da polpa de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.). *Revista Brasileira de Fruticultura* [S.I.], v. 28, p. 380-386, 2006.

PHILIPPI, S. T. *Pirâmide dos alimentos: fundamentos básicos da nutrição*. Barueri: Manole, 2008.

PIIRONEN, V. et al. High-performance liquid chromatographic determination of tocopherols and tocotrienols and its application to diets and plasma of Finnish men. *Journal of Vitamin and Nutrition Research* [S.I.], v. 53, p. 35-40, 1984.

PINHEIRO-SANT'ANA, H. M. et al. Carotenoid retention and vitamin A value

in carrot (*Daucus carota* L.) prepared by food service. *Food Chemistry* [S.I.], v. 61, n. 1-2, p. 145-151, 1998.

PROENÇA, C. et al. *Flores e frutos do Cerrado*. Brasília: UnB, 2000.

RAMOS, M. I. L. et al. Efeito do cozimento convencional sobre os carotenóides pró-vitâmicos A da polpa de piqui (*Caryocar brasiliense* Camb). *Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos* [S.I.], v. 29, n. 1, p. 23-32, 2001.

RAO, A. V.; RAO, L. G. Carotenoids and human health. *Pharmacological Research* [S.I.], v. 55, n. 3, p. 207-216, 2007.

RIBEIRO, R. F. *Pequi, o rei do cerrado: roendo o fruto sertanejo por todos os lados*. Belo Horizonte: Rede Cerrado/REDE/CAANM/Campo Vale, 2000.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Critical review of provitamin A determination in plant foods. *Journal of Micronutrient Analysis* [S.I.], v. 5, p. 191-225, 1989.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; KIMURA, M. *HaverstPlus handbook for carotenoid analysis*. Washington: International Food Policy Research Institute, 2004.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. et al. Carotenoid changes in ripening *Momordica charantia*. *Annals of Botany* [S.I.], v. 40, p. 615-624, 1976.

ROESLER, R. et al. Atividade antioxidante de frutas do cerrado. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* [S.I.], v. 27, p. 53-60, 2007.

RUFINO, M. D. S. M. et al. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. *Food Chemistry* [S.I.], v. 121, n. 4, p. 996-1002, 2010.

SCHWARTZ, H. et al. Tocopherol, tocotrienol and plant sterol contents of vegetable oils and industrial fats. *Journal of Food Composition and Analysis* [S.I.], v. 21, n. 2, p. 152-161, 2008.

SILVA, A. M. L. et al. Alterações físico-químicas e estudos enzimáticos da polpa de araticum (*Annona crassiflora* Mart). *Estudos* [S.I.], v. 36, p. 775-783, 2009a.

_____. Avaliação do teor de ácido ascórbico em frutos do cerrado durante o amadurecimento e congelamento. *Estudos* [S.I.], v. 36, n. 11/12, p. 1159-1169, 2009b.

SILVA, M. R. et al. Estabilidade da vitamina C em cagaita *in natura* e durante a estocagem da polpa e refresco *Pesquisa Agropecuária Tropical* [S.I.], v. 38, n. 1, p. 53-58, 2008a.

_____. Caracterização química de frutos nativos do cerrado. *Ciência Rural* [S.I.], v. 38, p. 1790-1793, 2008b.

_____. Utilização tecnológica dos frutos do jatobá-do-cerrado e de jatobá-da-mata na elaboração de biscoitos fontes de fibra alimentar e isento de açúcares. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* [S.I.], v. 21, n. 2, p. 176-182, 2001a.

SILVA, R. S. M. et al. Caracterização de frutos e árvores de cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.) no sudeste do estado de Goiás, Brasil. *Revista Brasileira de Fruticultura* [S.I.], v. 23, n. 2, p. 330-334, 2001b.

SOARES JÚNIOR, M. S. et al. Qualidade de biscoitos formulados com diferentes teores de farinha de casca de pequi. *Pesquisa Agropecuária Tropical* [S.I.], v. 39, n. 2, p. 98-104, 2009.

SOUZA, F. G. et al. Qualidade pós-colheita de frutos de diferentes clones de mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes). *Ciência e Agrotecnologia* [S.I.], v. 31, p. 1449-1454, 2007.

SOUZA, S. L. et al. Conteúdo de carotenos e provitamina A em frutas comercializadas em Viçosa, Estado de Minas Gerais. *Acta Scientiarum Agronomy* [S.I.], v. 26, n. 4, p. 453-459, 2004.

TAPIERO, H. et al. The role of carotenoids in the prevention of human pathologies. *Biomedecine & Pharmacotherapy* [S.I.], v. 58, n. 2, p. 100-110, 2004.

U. S INSTITUTE OF MEDICINE. *Dietary Reference Intakes (DRIs): Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium and Zinc*. Washington, D.C.: National Academy Press, 2001.

U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE, A. R. S. *USDA National Nutrient Database for Standard Reference*. 22. ed. USA: Department of Agriculture, 2009.

VERA, R. et al. Caracterização física e química de frutos do pequizeiro (*Caryocar brasiliense* Camb.) oriundos de duas regiões no estado de Goiás, Brasil *Pesquisa Agropecuária Tropical* [S.I.], v. 37, n. 2, p. 93-99, 2007.