

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**  
**INSTITUTO DE BIOTECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA**

**CRISTIANE MARIA DOS ANJOS DE ÁVILA**

**ESTUDO FITOQUÍMICO E AVALIAÇÃO DO POTENCIAL**  
**ANTIOXIDANTE *IN VITRO* DOS FRUTOS DE *Campomanesia spp.***

**PATOS DE MINAS - MG**  
**AGOSTO DE 2020**

**CRISTIANE MARIA DOS ANJOS DE ÁVILA**

**ESTUDO FITOQUÍMICO E AVALIAÇÃO DO POTENCIAL  
ANTIOXIDANTE *IN VITRO* DOS FRUTOS DE *Campomanesia spp.***

Dissertação de mestrado apresentada ao  
Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia  
como requisito parcial para a obtenção do título  
de Mestre em Biotecnologia.

**Orientador: Profº. Drº. Marcos de Souza  
Gomes**

**Coorientadora: Profª. Drª. Lizandra Guidi  
Magalhães**

**PATOS DE MINAS - MG**

**AGOSTO DE 2020**

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU  
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

|              |   |
|--------------|---|
| A958<br>2020 | <p>Avila, Cristiane Maria dos Anjos de, 1975-<br/>Estudo fitoquímico e avaliação do potencial<br/>antioxidante in vitro dos frutos de Campomanesia spp.<br/>[recurso eletrônico] / Cristiane Maria dos Anjos de<br/>Avila. - 2020.</p> <p>Orientador: Marcos de Souza Gomes.<br/>Coorientadora: Lizandra Guidi Magalhães.<br/>Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de<br/>Uberlândia, Pós-graduação em Biotecnologia.<br/>Modo de acesso: Internet.<br/>Disponível em: <a href="http://doi.org/10.14393/ufu.di.2020.658">http://doi.org/10.14393/ufu.di.2020.658</a><br/>Inclui bibliografia.<br/>Inclui ilustrações.</p> <p>1. Biotecnologia. I. Gomes, Marcos de Souza ,1981-,<br/>(Orient.). II. Magalhães, Lizandra Guidi ,1981-,<br/>(Coorient.). III. Universidade Federal de Uberlândia.<br/>Pós-graduação em Biotecnologia. IV. Título.</p> <p>CDU: 60</p> |
|--------------|---|

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:

Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091

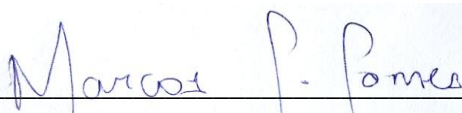
CRISTIANE MARIA DOS ANJOS DE ÁVILA

**ESTUDO FITOQUÍMICO E POTENCIAL ANTIOXIDANTE *IN VITRO* DOS  
FRUTOS DE ESPÉCIES DE *Campomanesia spp.***

Dissertação de mestrado apresentada ao  
Programa de Pós-graduação em Biotecnologia  
como requisito parcial para a obtenção do título  
de Mestre em Biotecnologia.


Aprovado em: 28/08/2020

**BANCA EXAMINADORA**



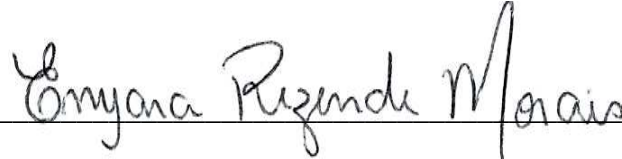
---

Prof. Dr. Marcos de Souza Gomes (Orientador)



---

Prof. Dr. Wilder Douglas Santiago



---

Profa. Dra. Enyara Rezende Moraes

PATOS DE MINAS – MG

2020

## Dedicatória

Dedico essa conquista, primeiramente a Deus, que me acompanhou e me fortaceu a todo momento.

Ao meu marido e aos meus filhos Bernardo e Corina que sempre me apoiaram, incentivaram, compreenderam a minha ausência e acreditaram em mim. Essa conquista é nossa!! Amo vocês incondicionalmente!

A minha mãe pelas infinitas orações e pelo exemplo de perseverança e retidão. Te amo infinitamente!

Aos meus irmãos, minha sogra, cunhados e sobrinhos que mesmo de longe torceram por mim!

## Agradecimentos

A Deus, pela dádiva da vida e por me permitir realizar tantas conquistas nesta existência. Mesmo árduas, foram prazerosas. Obrigada por me permitir errar, aprender e crescer, por Sua eterna compreensão, por Seu infinito amor, pela Sua voz “invisível” que não me permitiu desistir. Obrigada por tudo!

Ao Prof. Marcos, pela orientação, compreensão, humildade, paciência e pelos ensinamentos repassados durante todo o período do Mestrado. Muito obrigada!

Aos membros da banca examinadora, Profa. Dra. Enyara Rezende Moraes e Prof. Dr. Wilder Douglas Santiago, que gentilmente aceitaram participar e colaborar com esta dissertação.

A Universidade Federal de Uberlândia, pela oportunidade.

Aos professores, pelos conhecimentos e ensinamentos repassados. Em especial à Profa. Dra Cristina Ribas Fürstenau pelo conhecimento, competência, compreensão, simplicidade e serenidade.

Ao colega farmacêutico Hélio Caixeta Tibúrcio pela presteza nas coletas dos frutos de gabirola utilizados na pesquisa e à Profa. Dra. Marla Ibrahim Uehbe de Oliveira do Herbário da Universidade Federal de Sergipe (ASE) que gentilmente se prontificou a identificar a espécie desconhecida de *Campomanesia spp.*

Aos meus amigos Jhonatas e Paula, pela competência, conhecimento e orientações técnicas que muito me enriqueceram. Pela humildade e disponibilidade! Vocês vão longe!!

Aos meus colegas de mestrado que me acolheram e entenderam as minhas fragilidades. Em especial à Fernanda, Nayara, Adriane, Matheus e Willian. Obrigada pelo carinho e apoio!

Aos servidores em geral da UFU pela atenção. Em especial a Vanessa, Carla, Renan e a Gisele por toda ajuda e presteza.

Ao Aparecido pela prestatividade de sempre!

## RESUMO

O Cerrado possui frutíferas nativas pouco conhecidas e pesquisadas, contemplando possíveis fontes de metabólitos secundários com importantes propriedades fitoquímicas a serem exploradas. Assim, este trabalho buscou avaliar a capacidade sequestradora dos radicais livres DPPH, ABTS, redução do Complexo de Fosfomolibdênio e quantificar compostos fenólicos, flavonoides, antocianinas e carotenoides totais nos extratos aquosos dos frutos das espécies vegetais *Campomanesia adamantium*, *C. guazumifolia*, *C. lineatifolia* e *C. sessiliflora* encontradas no Cerrado na Região do Alto Paranaíba em Minas Gerais. O teor de compostos fenólicos foi determinado pelo método de Folin-Ciocalteu, flavonoides e antocianinas totais pelo de Lees e Francis (1972) e carotenoides totais pelo de Lichtenthaler (1987). O extrato de *C. guazumifolia* apresentou maiores índices de compostos fenólicos ( $2.953,42 \pm 141,22$  mg EAG  $100\text{ g}^{-1}$ ), flavonoides ( $43,17 \pm 2,25$  mg  $100\text{ g}^{-1}$ ), antocianinas ( $7,96 \pm 0,38$  mg  $100\text{ g}^{-1}$ ), carotenoides ( $64,06 \pm 12,55$  mg  $\text{g}^{-1}$ ) e de atividade antioxidante pelo DPPH ( $568,3$  mg EBHT  $\text{g}^{-1}$ ) e ABTS ( $105,3$  mg EBHT  $\text{g}^{-1}$ ), evidenciando elevado potencial anti-radicalar *in vitro*. *C. adamantium* também demonstrou resultados significativos de fenólicos ( $1.547,44 \pm 79,49$  mg EAG  $100\text{ g}^{-1}$ ), flavonoides ( $36,63 \pm 0,17$  mg  $100\text{ g}^{-1}$ ), antocianinas ( $1,74 \pm 0,10$  mg  $100\text{ g}^{-1}$ ), carotenoides ( $20,65 \pm 0,43$  mg  $\text{g}^{-1}$ ), DPPH ( $49,1$  mg EBHT  $\text{g}^{-1}$ ), ABTS ( $83,7$  mg EBHT  $\text{g}^{-1}$ ) e complexação do fosfomolibdênio ( $105,1$  mg EBHT  $\text{g}^{-1}$ ) evidenciando elevado potencial redutor. Sendo assim, os extratos de *C. guazumifolia* e *C. adamantium* apresentam-se potencialmente promissores para a atividade antioxidante podendo ser utilizados na prevenção e tratamento de patologias relacionadas ao estresse oxidativo.

**Palavras-chave:** Metabólitos secundários. Radicais livres. Gabiroba. Compostos bioativos.



## ABSTRACT

The Cerrado has little-known and researched native fruits, contemplating possible sources of secondary metabolites with important phytochemical properties to be explored. Thus, this work sought to evaluate the scavenging capacity of DPPH, ABTS free radicals, reduction of the Phosphomolybdenum Complex and to quantify phenolic compounds, flavonoids, anthocyanins and total carotenoids in the aqueous extracts of the fruits of the plant species *Campomanesia adamantium*, *C. guazumifolia*, *C. lineatifolia* and *C. sessiliflora* found in the Cerrado in the Alto Paranaíba Region in Minas Gerais. The content of phenolic compounds was determined by the Folin-Ciocalteu method, total flavonoids and anthocyanins by Lees and Francis (1972) and total carotenoids by Lichtenthaler (1987). The *C. guazumifolia* extract showed higher levels of phenolic compounds ( $2,953.42 \pm 141.22$  mg EAG  $100\text{ g}^{-1}$ ), flavonoids ( $43.17 \pm 2.25$  mg  $100\text{ g}^{-1}$ ), anthocyanins ( $7.96 \pm 0.38$  mg  $100\text{ g}^{-1}$ ), carotenoids ( $64.06 \pm 12.55$  mg  $\text{g}^{-1}$ ) and antioxidant activity by DPPH ( $568.3$  mg EBHT  $\text{g}^{-1}$ ) and ABTS ( $105.3$  mg EBHT  $\text{g}^{-1}$ ), showing high anti-radical potential *in vitro*. *C. Adamantium* also demonstrated significant results for phenolics ( $1,547.44 \pm 79.49$  mg EAG  $100\text{ g}^{-1}$ ), flavonoids ( $36.63 \pm 0.17$  mg  $100\text{ g}^{-1}$ ), anthocyanins ( $1.74 \pm 0.10$  mg  $100\text{ g}^{-1}$ ), carotenoids ( $20.65 \pm 0.43$  mg  $\text{g}^{-1}$ ), DPPH ( $49.1$  mg EBHT  $\text{g}^{-1}$ ), ABTS ( $83.7$  mg EBHT  $\text{g}^{-1}$ ) and phosphomolybdenum complexation ( $105.1$  mg EBHT  $\text{g}^{-1}$ ) showing a high reducing potential. Thus, the extracts of *C. guazumifolia* and *C. adamantium* are potentially promising for antioxidant activity and can be used in the prevention and treatment of pathologies related to oxidative stress.

**Keywords:** Secondary metabolites. Free radicals. Gabiroba. Bioactive compounds.

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO 1

|   |    |
|---|----|
| <b>FIGURA 1.</b> <i>Campomanesia adamantium</i> (Cambess.) O. Berg .....  | 19 |
| <b>FIGURA 2.</b> <i>Campomanesia guazumifolia</i> (Cambess.) O. Berg .....  | 20 |
| <b>FIGURA 3.</b> Frutos de <i>Campomanesia lineatifolia</i> Ruiz e Pav. ( <i>Myrtaceae</i> ) .....                | 22 |
| <b>FIGURA 4.</b> <i>Campomanesia sessiliflora</i> (O. Berg) Mattos .....  | 24 |
| <b>FIGURA 5.</b> Esquema simplificado das rotas biossintéticas envolvidas na produção de compostos fenólicos..... | 30 |
| <b>FIGURA 6.</b> Estrutura e numeração básica de um flavonoide .....  | 31 |
| <b>FIGURA 7.</b> Representação da estrutura química das principais antocianidinas em alimentos .....              | 33 |
| <b>FIGURA 8.</b> Representação da estrutura química do $\beta$ -caroteno .....                                    | 35 |

### CAPÍTULO 2

|   |    |
|---|----|
| <b>FIGURA 1.</b> Teor de compostos fenólicos totais utilizando as amostras (ADA - <i>C. adamantium</i> , LIN - <i>C. lineatifolia</i> , SESSPT - <i>C. sessiliflora</i> – Patos de Minas, SESSLF - <i>C. sessiliflora</i> – Lagoa Formosa) e GZU - <i>C. guazumifolia</i> . Médias seguidas pela mesma letra, não diferem significativamente a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.....       | 7  |
| <b>FIGURA 2.</b> Teor de flavonoides totais utilizando os extratos (ADA - <i>C. adamantium</i> , LIN - <i>C. lineatifolia</i> , SESSPT - <i>C. sessiliflora</i> – Patos de Minas, SESSLF - <i>C. sessiliflora</i> – Lagoa Formosa, GZU - <i>C. guazumifolia</i> ). Médias seguidas pela mesma letra, não diferem significativamente a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.....                | 9  |
| <b>FIGURA 3.</b> Teor de antocianinas totais dos extratos analisados das espécies (ADA - <i>C. adamantium</i> , LIN - <i>C. lineatifolia</i> , SESSPT - <i>C. sessiliflora</i> – Patos de Minas, SESSLF - <i>C. sessiliflora</i> – Lagoa Formosa, GZU - <i>C. guazumifolia</i> ). Médias seguidas pela mesma letra, não diferem significativamente a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott..... | 10 |
| <b>FIGURA 4.</b> Teor de carotenoides totais utilizando os extratos (ADA - <i>C. adamantium</i> , LIN - <i>C. lineatifolia</i> , SESSPT - <i>C. sessiliflora</i> – Patos de Minas, SESSLF - <i>C. sessiliflora</i> – Lagoa Formosa, GZU - <i>C. guazumifolia</i> ). Médias seguidas pela mesma letra, não diferem significativamente a 5% de  |    |

|               |      |       |    |        |
|---------------|------|-------|----|--------|
| probabilidade | pelo | teste | de | Scott- |
| Knott.....    |      |       |    | 12     |

**FIGURA 5.** Porcentagem da atividade antioxidante das amostras (ADA - *C. adamantium*, LIN - *C. lineatifolia*, SESSPT - *C. sessiliflora* – Patos de Minas, SESSLF - *C. sessiliflora* – Lagoa Formosa, GZU - *C. guazumifolia*) nas concentrações (312,5, 625, 1.250, 2.500, 5.000 e 50.000  $\mu\text{g mL}^{-1}$ ) pelo método do DPPH\*. Médias seguidas pela mesma letra, maiúsculas para comparar a concentração entre as amostras e minúsculas para comparar a concentração dentro de cada amostra, não diferem significativamente a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.....13

**FIGURA 6.** Porcentagem da atividade antioxidante das amostras (ADA - *C. adamantium*, LIN - *C. lineatifolia*, SESSPT - *C. sessiliflora* – Patos de Minas, SESSLF - *C. sessiliflora* – Lagoa Formosa, GZU - *C. guazumifolia*) pelo método do ABTS, nas concentrações (312,5; 625; 1.250; 2.500; 5.000 e 50.000  $\mu\text{g mL}^{-1}$ ). Médias seguidas pela mesma letra, maiúsculas para comparar a concentração entre as amostras e minúsculas para comparar a concentração dentro de cada amostra, não diferem significativamente a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.....16

**FIGURA 7.** Absorbância das amostras (ADA - *C. adamantium*, LIN - *C. lineatifolia*, SESSPT - *C. sessiliflora* – Patos de Minas, SESSLF - *C. sessiliflora* – Lagoa Formosa, GZU - *C. guazumifolia*) pelo método do Complexo fosfomolibdênio, nas concentrações (312,5; 625; 1.250; 2.500; 5.000 e 50.000  $\mu\text{g mL}^{-1}$ ). Médias seguidas pela mesma letra, maiúsculas para comparar a concentração entre as amostras e minúsculas para comparar a concentração dentro de cada amostra, não diferem significativamente a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.....17

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 2

**TABELA 1.** Espécies de *Campomanesia spp.* Testadas e respectivos números de registro das exsiccatas .....2

**TABELA 2.** Conteúdo de compostos fenólicos totais (mg EAG 100 g<sup>-1</sup>) em espécies de *Myrtaceae* e do Cerrado Brasileiro (polpa e frutos).....8

**TABELA 3.** Matriz de Correlação entre as variáveis Compostos Fenólicos, Flavonoides, Antocianinas e Carotenoides Totais com a atividade antioxidante pelos métodos DPPH, ABTS e Complexo de Fosfomolibdênio das espécies de *Campomanesia spp.* analisadas ..... 19

**TABELA 4.** Valores das atividades antioxidantes das espécies vegetais analisadas do gênero *Campomanesia spp.* ..... 20

## LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

|                            |   |
|----------------------------|---|
| <b><math>\alpha</math></b> | Alfa  |
| <b>AA %</b>                | Atividade antioxidante                                |
| <b>AAT</b>                 | Atividade antioxidante total                          |
| <b>ABTS</b>                | 2,2-azinobis-3-etil-benzotiazolin-6-ácido sulfônico   |
| <b>AT</b>                  | Antocianinas totais                                   |
| <b>ATP</b>                 | Adenosine triphosphate                                |
| <b><math>\beta</math></b>  | Beta  |
| <b>BHA</b>                 | Butil-hidroxianisol                                   |
| <b>BHT</b>                 | Butil-hidroxitolueno                                  |
| <b>CAT</b>                 | Catalase  |
| <b>CE<sub>50</sub></b>     | Concentração eficiente                                |
| <b>°C</b>                  | Graus Celsius   |
| <b>Cl<sub>a</sub></b>      | Clorofila a   |
| <b>Cl<sub>b</sub></b>      | Clorofila b   |
| <b>cm</b>                  | Centímetro  |
| <b>Cu<sup>2+</sup></b>     | Cobre oxidado   |
| <b>Cu<sup>3+</sup></b>     | Cobre reduzido  |
| <b>DNA</b>                 | Ácido Desoxirribonucleico                             |
| <b>DPPH</b>                | 2,2-difenil-1-picrilhidrazil                          |
| <b>Dra</b>                 | Doutora   |
| <b>Dr</b>                  | Doutor  |
| <b>&amp;</b>               | Símbolo usado para substituir a conjunção aditiva "e" |

|                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| <b>EAG</b>                        | Equivalentes de ácido Gálico                   |
| <b>EBHT</b>                       | Equivalentes de BHT                            |
| <b>ER</b>                         | Equivalentes de Rutina                         |
| <b>ERO</b>                        | Espéciereativa de oxigênio                     |
| <b>et al</b>                      | Dolatin et alii - e outros; e colaboradores    |
| <b>FAO</b>                        | Food and Agriculture Organization              |
| <b>Fe<sup>2+</sup></b>            | Ferro oxidado                                  |
| <b>Fe<sup>3+</sup></b>            | Ferro reduzido                                 |
| <b>FT</b>                         | Fenólicos Totais                               |
| <b>FTT</b>                        | Flavonoides totais                             |
| <b>g</b>                          | Grama  |
| <b>GPX</b>                        | Glutathione Peroxidase                         |
| <b>H<sub>2</sub>O<sub>2</sub></b> | Peróxido de hidrogênio                         |
| <b>HCl</b>                        | Ácido Clorídrico                               |
| <b>HO<sub>2</sub><sup>·</sup></b> | Radical hidroperoxila                          |
| <b>HUFU</b>                       | Herbário da Universidade Federal de Uberlândia |
| <b>IDA</b>                        | Ingestão diária aceitável                      |
| <b>JECFA</b>                      | Joint Expert Committee on Food Additives       |
| <b>K</b>                          | Kelvin   |
| <b>Km</b>                         | Quilômetro                                     |
| <b>Km<sup>2</sup></b>             | Quilômetro quadrado                            |
| <b>λ</b>                          | Comprimento de onda                            |
| <b>m</b>                          | metro  |
| <b>μg</b>                         | Micrograma                                     |
| <b>μL</b>                         | Microlitro                                     |

|                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| <b>μm</b>                         | Micrometro                                 |
| <b>mg</b>                         | Miligrama                                  |
| <b>mL</b>                         | Mililitro                                  |
| <b>mm</b>                         | Milímetro                                  |
| <b>mmol</b>                       | Milimol                                    |
| <b>Mo V</b>                       | Molibdênio oxidado                         |
| <b>Mo VI</b>                      | Molibdênio reduzido                        |
| <b>Mpa</b>                        | Mega Pascal                                |
| <b>N</b>                          | Normal                                     |
| <b>NADPH</b>                      | Nicotinamida adenina dinucleotídeo fosfato |
| <b>nm</b>                         | Nanômetro                                  |
| <b>NO</b>                         | Óxido nítrico                              |
| <b>O<sub>2</sub></b>              | Oxigênio singlete                          |
| <b>OH<sup>•</sup></b>             | Radical hidroxila                          |
| <b>O<sub>2</sub><sup>•-</sup></b> | Ânion radical superóxido                   |
| <b>PG</b>                         | Propilgalato                               |
| <b>pH</b>                         | Potencial Hidrogeniônico                   |
| <b>%</b>                          | Porcentagem                                |
| <b>RO</b>                         | Radical alcoxila                           |
| <b>RO<sub>2</sub></b>             | Radical peroxila                           |
| <b>RS</b>                         | Rio Grande do Sul                          |
| <b>S</b>                          | South                                      |
| <b>SOD</b>                        | Superóxido Dismutase                       |
| <b>spp.</b>                       | Abreviatura de espécies                    |
| <b>TBHQ</b>                       | Terc-butilhidroquinona                     |

|             |                           |
|-------------|---------------------------|
| <b>Tiol</b> | Radical de enxofre        |
| <b>var.</b> | Variedade                 |
| <b>v/v</b>  | Volume por volume         |
| <b>W</b>    | West                      |
| <b>WHO</b>  | World Health Organization |



## SUMÁRIO

### CAPÍTULO 1

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO .....</b>  | <b>13</b> |
| <b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>   | <b>15</b> |
| 2.1 Cerrado Brasileiro.....  | 15        |
| 2.2 Família Myrtaceae e o Gênero <i>Campomanesia</i> .....                           | 16        |
| 2.3 Radicais livres .....  | 25        |
| 2.4 Antioxidantes.....   | 26        |
| <b>REFERÊNCIAS .....</b>   | <b>36</b> |
| <b>Resumo .....</b>  | <b>56</b> |
| <b>Abstract .....</b>  | <b>56</b> |
| <b>1. INTRODUÇÃO .....</b>   | <b>57</b> |
| <b>2. MATERIAL EMÉTODOS .....</b>  | <b>2</b>  |
| <b>2.2 Análises dos metabólitos secundários e das atividades antioxidantes .....</b> | <b>3</b>  |
| <b>2.3 Análises estatísticas .....</b>   | <b>6</b>  |
| <b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>   | <b>6</b>  |
| <b>4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>  | <b>21</b> |
| <b>5. REFERÊNCIAS .....</b>  | <b>21</b> |
| 2 Considerações Finais .....   | 30        |

## CAPÍTULO 1

### 1. INTRODUÇÃO

O Cerrado é o segundo maior Bioma do Brasil ocupando aproximadamente 22% do território nacional (BRASIL, 2019). Esta savana brasileira é detentora de uma vasta heterogeneidade vegetal, onde é produzida uma diversidade de frutas nativas que possuem características específicas que precisam ser exploradas, bem como analisadas físico-quimicamente (CARDOSO, 2011; FLORA DO BRASIL, 2020). Várias espécies botânicas farmacologicamente ativas do Cerrado são utilizadas na medicina popular e agregam valores expressivos ao conhecimento de compostos bioativos com potencial fitoterápico (RIBEIRO *et al.*, 2016). Dentre essa diversidade vegetativa, o gênero *Campomanesia*, pertencente à família *Myrtaceae*, tem ganhado destaque. Esse gênero possui cerca de 31 espécies sendo que os genótipos *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg., *C. guazumifolia* (Cambess.) O. Berg., *C. lineatifolia* Ruiz e Pav. (*Myrtaceae*) e *C. sessiliflora* (O. Berg) Mattos, conhecidas popularmente como gabioba, sete capote, guavira ou champa, gabioba-verde, respectivamente, são representantes deste Bioma brasileiro (FORZZA, 2010). As folhas, frutos e mesmo a casca do caule da gabiobeira são usados na medicina popular no combate a várias patologias como desordens do trato urinário e gastrintestinais; processos inflamatórios e reumáticos; atividade antimicrobiana; atividade antiproliferativa; antidepressivas e anti-hiperalgésicas (RODRIGUES; CARVALHO, 2001; PAVAN *et al.*, 2009; CARDOSO *et al.*, 2010; FERREIRA *et al.*, 2013; PASCOAL *et al.*, 2014; LESCANO *et al.*, 2016). Tendo em vista essas potenciais ações biológicas juntamente com a deficiência de relatos científicos para o uso habitual pela população, essas espécies foram selecionadas para o levantamento de metabólitos secundários e atividade antioxidante no presente estudo.

Considerando que os radicais livres são a base etiológica de várias patologias, o consumo de alimentos com agentes antioxidantes tem sido bastante discutido na literatura na intenção de minimizar tais doenças. Os antioxidantes sintéticos utilizados na conservação dos alimentos têm demonstrado malefícios aos usuários como a indução de efeitos mutagênicos e cancerígenos limitando a sua utilização na alimentação. Considerando este viés, uma alternativa perante aos transtornos provocados pelos antioxidantes sintéticos, seria o uso dos compostos bioativos encontrados em plantas, frutos e verduras. Os compostos fenólicos e carotenoides

através dos mecanismos de inibição da formação de radicais livres ou eliminação destes radicais formados colaboram para a redução do estresse oxidativo em diferentes níveis (CHISTÉ *et al.*, 2012; GONZÁLEZ *et al.*, 2013). Além disso, auxiliam na melhoria do sistema imunológico e na redução do risco de avanço de doenças crônicas, degenerativas e cancerígenas (LAVECCHIA *et al.*, 2013; SITI; KAMISAH; KAMSIAH, 2015). Diante desse cenário, a ingestão contínua de antioxidantes a partir de vegetais e frutas torna-se de extrema importância para o organismo, pois são fontes de compostos fenólicos, vitaminas, minerais e carotenoides.

Segundo Vanisree e Tsay (2004), os metabólitos secundários das plantas apresentam propriedades amplas que têm sido utilizadas pelo homem como remédios na medicina popular ou natural, como compostos aromatizantes e saborizantes, pigmentos e corantes, até conservantes na indústria alimentícia e farmacêutica. Contribuem de forma significativa na descoberta de novos fármacos, na biotecnologia, ecologia e biossíntese, dentre outras áreas. No gênero *Campomanesia*, há uma grande diversidade de compostos formados pelo metabolismo secundário, destacando-se principalmente os fenóis, taninos, cumarinas, saponinas, flavonoides e óleos essenciais apresentando diversas atividades biológicas, como a captura e neutralização de radicais (ação antioxidante), atividade antimicrobiana, antitumorigênica, entre outras (COUTINHO *et al.*, 2009; SANTOS *et al.*, 2013).

Diante do exposto, o estudo destas espécies frutíferas nativas encontradas na Região do Alto Paranaíba no estado de Minas Gerais (MG), no que diz respeito à identificação da composição bioativa e atividades biológicas torna-se de suma importância. Portanto, considerando a importância das espécies na região e a escassez de estudos realizados com os frutos destas espécies vegetais, até o presente, juntamente com a finalidade de fornecer dados sobre a composição química e atividade antioxidante, os principais objetivos deste trabalho são:

- Realizar a seleção de espécies vegetais do gênero *Campomanesia* de ocorrência no Cerrado na região do Alto Paranaíba – MG para estudo de prospecção fitoquímica;
- Coletar e identificar os materiais vegetais;
- Obter os extratos vegetais brutos das espécies selecionadas;
- Determinar o teor de Compostos Fenólicos, Flavonoides, Antocianinas e Carotenoides Totais;
- Determinar a atividade antioxidante dos extratos vegetais brutos, através dos métodos de sequestro dos radicais livres DPPH, inibição dos radicais livres ABTS e redução do complexo fosfomolibdênio.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Cerrado Brasileiro

A flora brasileira é considerada uma das mais diversificadas do mundo, sendo constituída por aproximadamente 48.000 espécies de plantas representando 20% da flora mundial (OLIVEIRA *et al.*, 2012; FLORA DO BRASIL, 2020). Diante deste cenário, o Cerrado se destaca como um dos Biomas mais importantes do Brasil e é o segundo maior da América do Sul, ocupando uma área de 2.036.448 km<sup>2</sup>, aproximadamente 22% do território nacional. Sua área contínua abrange o Planalto Central brasileiro, alcançando grande parte dos estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Tocantins, Goiás, Minas Gerais, Bahia, Maranhão, Piauí, Rondônia, Paraná, São Paulo, Bahia, Pará e Sergipe; e se estende nos estados do Amapá, Roraima e Amazonas (BRASIL, 2019). É considerado o segundo maior bioma brasileiro, somente superado pela Floresta Amazônica e estima-se que 70% dessa área sejam potencialmente agricultáveis (SANO *et al.*, 2008). Para Borlaug (2002), pode ser considerada a última fronteira agrícola existente até mesmo no planeta.

A flora do Cerrado apresenta-se de forma diversificada, é pouco conhecida e até mesmo estudada, sugerindo ser um dos mais ricos e ameaçados biomas do mundo. Considerando que sua flora não é totalmente conhecida, têm sido realizadas algumas tentativas de compilação da sua composição florística. De acordo com Sano *et al.* (2008), através da consulta prioritária de publicações já existentes, foram compiladas 12.356 espécies presentes espontaneamente nesse bioma, sendo que, deste total, 11.627 pertencem à flora vascular nativa. A riqueza florística apresentada por esses últimos autores sobressaiu em muito as compilações preexistentes, alcançando quase o dobro em número comparada à compilação de Mendonça *et al.* (1998). Diante dessas estimativas, observa-se grande riqueza florística no bioma Cerrado, com ampla variedade de paisagens e tipos fitofisionômicos, mostrando que o Cerrado é muito mais rico do que se imaginava, e muitas de suas tipologias, com flora específica, são endêmicas da América do Sul e do Brasil (MENDONÇA *et al.*, 1998; SANO *et al.*, 2008). Entretanto, mesmo diante da alta biodiversidade, essa formação savânica é um dos biomas mais ameaçados do mundo com 132 espécies da flora ameaçadas de extinção contribuindo para que a potencialidade de muitos frutos nativos seja inexplorada na forma nutricional, físico-química e farmacológica (GONÇALVES; MENEGUZZO; MORO, 2019).

Segundo Kist *et al.* (2018), o Brasil se destaca, atualmente, como um dos três maiores produtores de frutas, ficando atrás apenas da China e da Índia com uma produção que ultrapassa 40 milhões de toneladas resultante de condições favoráveis como a extensão territorial, a localização geográfica, bem como as condições edafoclimáticas. O país possui uma grande diversidade de frutas, sendo que várias espécies de frutos nativos e exóticos ainda são desconhecidas e não foram exploradas tanto econômica quanto farmacologicamente (RUFINO *et al.*, 2010; MATTIETTO *et al.*, 2010). Várias pesquisas têm demonstrado a caracterização dessas frutas exóticas despertando interesse da comunidade científica por serem fontes importantes de compostos bioativos (RUFINO *et al.*, 2010; ALMEIDA *et al.*, 2011; CARDOSO *et al.*, 2011; CLERICI; CARVALHO-SILVA, 2011; DEMBITSKY *et al.*, 2011). E o grande interesse mundial pelas frutas brasileiras tem estimulado a pesquisa de espécies do Cerrado que é um dos biomas que mais tem contribuído para a produção desses frutos.

O consumo de frutas e vegetais tem contribuído para reduzir várias morbidades quanto as mortalidades provocadas por doenças crônicas e demais patologias por possuírem níveis elevados de substâncias bioativas que subsidiam benefícios à saúde e a nutrição básica. Os antioxidantes naturais têm-se destacado dentre esses compostos ativos por se tratarem de componentes com potencial eficácia terapêutica, protegendo o organismo do estresse oxidativo, bem como auxiliando na prevenção de doenças cardiovasculares, cerebrovasculares, câncer, dentre outras patologias (CANUTO *et al.*, 2010; RUFINO *et al.* 2010; ROCHA *et al.* 2013; AUNE *et al.* 2017). Conforme relatado no estudo de Pereira *et al.* (2013), os frutos nativos brasileiros consistem em excelentes fontes de complexos biologicamente ativos, como compostos fenólicos e carotenoides, flavonoides e vitamina C, bem como uma alta capacidade antioxidante (GONÇALVES; LAJOLO; GENOVESE, 2010). Contudo, muitos frutos do Cerrado brasileiro permanecem pouco conhecidos e analisados (ROCHA *et al.*, 2013; MORZELLE *et al.*, 2015).

## **2.2 Família Myrtaceae e o Gênero *Campomanesia***

A família *Myrtaceae* é pertencente à ordem *Myrtales* ou *Myrtiflorae* que se divide em duas subfamílias, *Myrtoideae* e *Psiloxylloidea* e (GOVAERTS *et al.*, 2008; WILSON, 2011; GRATTAPAGLIA *et al.*, 2012). De acordo com Wilson *et al.* (2005), é uma família pantropical com aproximadamente 132 gêneros e 5760 espécies, sendo distribuída nas regiões tropicais da África, Ásia e nas Américas (GOVAERTS *et al.*, 2015). No Brasil, é constituída por aproximadamente 23 gêneros registrados e aproximadamente 997 espécies sendo destacada

como uma das famílias mais importantes nas formações vegetacionais da flora brasileira (OLIVEIRA-FILHO; FONTES, 2000; SOBRAL *et al.*, 2015). A *Myrtaceae* é considerada como uma das famílias de plantas mais comuns no Brasil, incluindo mais de 1000 espécies de frutos nativos espalhados de norte a sul, sendo cerca de 50% de todas as espécies endêmicas no bioma Mata Atlântica (DE ARAÚJO *et al.*, 2019). Essa biodiversidade é vista taxonomicamente como complexa devido ao grande número de espécimes, bem como a escassez de estudos e informações (SOUZA; LORENZI, 2012). Além disso, a relação de espécies incluídas na Lista Vermelha da Flora do Brasil demonstra que algumas categorias vegetais podem ser extintas antes mesmo de terem sido exploradas (MARTINELLI; MORAES, 2013).

As espécies brasileiras da família *Myrtaceae* compreendem diversas plantas arbóreas e arbustivas que podem ser usadas na produção de frutos para consumo *in natura* ou para industrialização, bem como no paisagismo como plantas ornamentais (GOMES *et al.*, 2016). Segundo Lattuada *et al.* (2010), essas frutíferas nativas são largamente distribuídas pelo território brasileiro e compõem um patrimônio genético de grande valor, além de apresentarem um potencial para a exploração agrícola e recomposição de áreas antropizadas. Elas podem ser utilizadas em projetos de recuperação de áreas degradadas e de preservação permanente por possuírem frutos extensamente consumidos pela avifauna, auxiliando na dispersão das sementes (LORENZI, 2002).

São plantas promissoras devido ao grande potencial econômico e às características sensoriais que estimulam sua exploração comercial baseada em suas propriedades nutricionais e agroindustriais. Muitas espécies possuem propriedades medicinais e funcionais, são ricas em elementos bioativos e acumulam substâncias voláteis em suas folhas e frutos conferindo a presença de compostos fitoquímicos que desempenham importante papel no controle de diversas doenças crônicas degenerativas. São consideradas, especialmente, como fontes promissoras de antioxidantes naturais com extenso interesse industrial, representando uma inovação tecnológica para alimentos, cosméticos e produtos farmacêuticos (CERQUEIRA, 2002; BREITMAIER, 2006; ROCHA *et al.*, 2011; SARDI *et al.*, 2017; DE ARAÚJO *et al.*, 2019).

São plantas pouco exigentes quanto ao tipo de solo, sendo que algumas delas crescem naturalmente em solos pobres em nutrientes. Segundo De Araújo *et al.* (2019), caracterizam-se pela presença de folhas opostas, simples, inteiras, com glândulas pelucidas contendo óleos etéreos e produz frutos carnosos, similares a bagas, com ampla diversidade de características benéficas.

O gênero *Campomanesia*, pertencente à família *Myrtaceae*, se destaca dentre a diversidade vegetativa do Cerrado, sendo considerado um dos gêneros mais bem delineados da família pela forma de evolução dos frutos e sementes (LANDRUM, 1986; AMARAL, 2012; DE OLIVEIRA *et al.*, 2015). Possui 42 espécies da família aceitas no Brasil e 32 endêmicas. Suas espécies são encontradas em todas as regiões do Brasil, principalmente nos domínios fitogeográficos da Amazônia, Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica (SOBRAL *et al.*, 2015). Pode ser caracterizado como um dos espécimes do Cerrado que possui potencial promissor na agricultura, na indústria alimentícia, no reflorestamento, no paisagismo e na terapêutica como plantas medicinais.

A última revisão completa para este gênero foi feita por Landrum (1986) que citou 23 espécies de *Campomanesia* para o Brasil, com cinco para o estado de Goiás sendo *C. adamantium*, *C. aurea*, *C. eugenioides*, *C. pubescens* e *C. sessiliflora*. Estudo recente mostra uma divergência nesta informação como o catálogo da Flora do Brasil (FORZZA, 2010) que cita 31 espécies de *Campomanesia*, sendo 21 endêmicas para o Brasil e destas, cinco nativas para o estado de Goiás sendo *C. adamantium* (gabirola), *C. eugenioides* (guabirola-miúda), *C. pabstiana*, *C. pubescens* (gabirola-pilosa ou peluda) e *C. sessiliflora* (guabirola-verde).

Segundo Vallilo *et al.* (2006) a gabirola é uma planta de larga distribuição no Bioma Cerrado. Seu florescimento ocorre de agosto a setembro, e a frutificação de setembro a dezembro, podendo estender-se até fevereiro e março para algumas espécies. O fruto caracteriza-se por ser arredondado, de coloração amarelo-esverdeada, composto por uma casca fina e uma polpa esbranquiçada envolvendo diversas sementes (COUTINHO *et al.*, 2008; PASCOAL *et al.*, 2014). As folhas, frutos e mesmo o ritidoma (casca do caule) da gabirola são usados na medicina popular no combate a desordens do trato urinário e diarreias por possuir uma ação adstringente (RODRIGUES; CARVALHO, 2001). O fruto por possuir alto teor de vitamina C, também é utilizado contra gripes e resfriados (RODRIGUES; CARVALHO, 2001; MARKMAN *et al.*, 2004). Além disso, possui potencial para produtos fotoprotetores ou multifuncionais e demais atividades terapêuticas em diversas áreas da medicina (CATELAN *et al.*, 2019).

O presente estudo e o uso de plantas medicinais tornam-se relevantes devido à presença dos compostos bioativos que são responsáveis pelos efeitos benéficos sobre a saúde, aumentando o interesse pelos pesquisadores para entender a ação que pode ser de forma sinérgica entre metabólitos ou um composto específico pode ser responsável pelos efeitos principais (KOOTI *et al.*, 2017).

### 2.2.1 *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg

*C. adamantium* (**Figura 1**) se caracteriza como uma pequena árvore que se desenvolve de forma arbustiva podendo atingir até 2m de altura, muito ramificada e com ramos delgados. É popularmente conhecida como guavira, gabioba e guabiroba, sendo considerada uma espécie nativa do Cerrado (NUCCI; ALVES-JUNIOR, 2017). Conforme reportado por Durigam *et al.* (2004) essa espécie é composta de folhas simples, opostas, ovais ou elípticas, membranáceas ou cartáceas, com base aguda à obtusa com ápice agudo com cerca de 4cm de comprimento e 2cm de largura. Sua floração ocorre nos meses de setembro a novembro, com flores brancas solitárias, axilares ou terminais e os frutos amadurecem de novembro a dezembro (LORENZI, 1992).

**Figura 1:** *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg



**Fonte:** Próprio autor (2019).

É uma planta amplamente utilizada na medicina alternativa e/ou popular. Estudos sobre a constituição química da *C. adamantium* demonstraram a presença de terpenóides, compostos fenólicos como as chalconas, flavonóis e flavanonas, ácido gálico e oligárico (PAVAN *et al.*, 2009; COUTINHO *et al.*, 2010; PASCOAL *et al.*, 2011, 2014; ESPÍNDOLA *et al.*, 2016). Sendo relatado ainda por esse grupo de pesquisadores citado que as suas folhas e raízes são usadas de forma terapêutica na diabetes e dislipidemias. As frutas têm formato redondo, coloração que varia de verde escuro a verde claro e amarelo, e um cítrico aroma.

Os frutos frescos são consumidos *in natura* e também utilizados na forma de doces, refrigerantes e em bebidas alcoólicas (VALLILO *et al.*, 2006). Podem ser utilizadas no



tratamento de processos inflamatórios e reumáticos conforme demonstrado por Ferreira *et al.* (2013). Diferentes espécies de frutos do gênero *Campomanesia* têm efeitos biológicos diversificados como atividade antimicrobiana, antiproliferativa, anti-mutagênica, anti-inflamatória, antidepressiva, anti-hiperalgésica e antidiarreica (PAVAN *et al.*, 2009; CARDOSO *et al.*, 2010; PASCOAL *et al.*, 2014; LESCANO *et al.*, 2016; MARTELLO *et al.*, 2016; DESOUZA *et al.*, 2017), além de apresentarem quantidades significativas de compostos fenólicos e antioxidantes (ALVES *et al.*, 2013).

### 2.2.2 *Campomanesia guazumifolia* (Cambess.) O. Berg.

*C. guazumifolia* (**Figura 2**) se caracteriza como uma árvore frutífera silvestre que pode atingir de 6 a 10 metros de altura, com folhas soltas, opostas e sem espátulas. Seu tronco apresenta-se revestido por uma casca grossa, ritidoma laminado e altamente descamado. Sua florescência é branca com flores grandes e chamativas (LORENZI, 2002; GOLDONI, 2018). Segundo o trabalho de Souza *et al.* (2018), os frutos apresentam-se de forma arredondada, tipo baga, com pericarpo carnoso e coloração variável do verde ao amarelo intenso. São doces e comestíveis, sendo apreciados tanto pelo homem quanto pela fauna. Na indústria alimentícia, podem ser utilizados para a elaboração de doces, sorvetes e licores, sendo ainda consumido pela fauna e contribuindo de forma efetiva para os reflorestamentos (CARVALHO, 2020). Geralmente, a floração ocorre durante os meses de outubro-novembro e a maturação dos frutos de março a maio.

**Figura 2:** *Campomanesia guazumifolia* (Cambess.) O. Berg.



**Fonte:** Próprio autor (2019).

Sua ocorrência territorial é ampla, sendo encontrada em quase todas as constituições vegetais do Centro Oeste ao Sul do país. Em Minas Gerais, é conhecida popularmente como araçá, araçá-do-mato, gabiroba, gabirobão, goiabinha, guabiroba, sete capotee sete-casacas (CARVALHO, 2020). Trata-se de uma planta aromática bastante utilizada na medicina popular brasileira como antidiarreico, anti-inflamatório, hipercolesterolêmico e no tratamento da diabetes (KLAFKE *et al.*, 2010; VINAGRE *et al.*, 2010; SOUZA-MOREIRA *et al.*, 2011; FERREIRA *et al.*, 2013; MICHEL *et al.*, 2013; DA SILVA *et al.*, 2016; DE SOUZA *et al.*, 2017; VISCARDI *et al.*, 2017). Trabalhos recentes demonstraram que a infusão de folhas de *C. guazumifolia* indicou ação farmacológica anti-inflamatória, antinoceptiva, antiedematogênica e uma baixa toxicidade em camundongos contribuindo para a ratificação do uso popular desta planta (CATELAN, 2018).

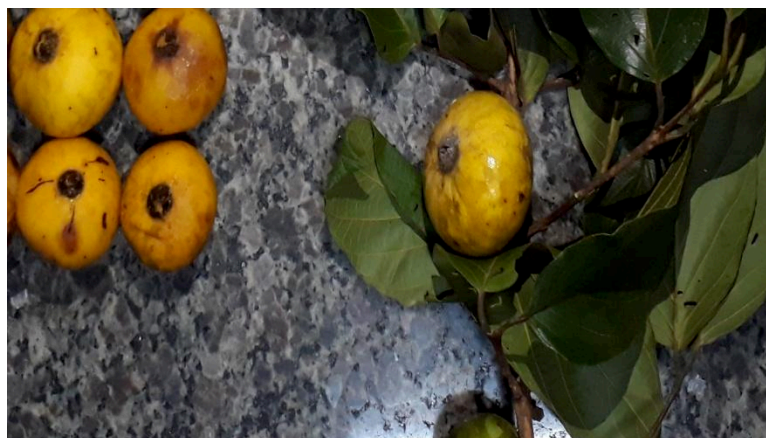
Nos estudos desenvolvidos por Da Silva *et al.* (2016), Cialdella-Kam *et al.* (2017) e Salaritabar *et al.* (2017), a atividade anti-inflamatória foi atribuída a presença de compostos flavonoides na sete capote. Arruda (2013) também verificou em seus estudos fitoquímicos em *C. guazumifolia* a existência de flavonoides, além de outros componentes funcionais como iridóides, esteróides, saponinas e taninos. Contudo, a disponibilidade de estudos sobre os atributos químicos e biológicos desta espécie de gabiroba na literatura ainda são escassos.

### 2.2.3 *Campomanesia lineatifolia* Ruiz e Pav. (Myrtaceae)

*C. lineatifolia* Ruiz e Pav. (Myrtaceae), também conhecida como gabiroba, guabirabeira, guavira ou champa, é uma frutífera nativa da parte ocidental da região amazônica no Brasil, Colômbia, Peru e Bolívia (MADALOSSO *et al.*, 2012). Trata-se de uma árvore frutífera de 8 a 10 m de altura composta por folhas verdes, elípticas, com bordas irregulares e com 20 cm de comprimento e 10 cm de largura. É encontrada em florestas primárias de terra firme ou com solo sólido e com altitudes inferiores a 2.000 m do nível do mar, sendo o seu cultivo pouco comum em pomares domésticos. São recomendados para seu cultivo temperaturas entre 22 e 30 °C, precipitação anual superior a 1.500 mm e solo franco argiloso. Seu florescimento geralmente ocorre de setembro a novembro e o amadurecimento dos frutos de fevereiro a abril (OSORIO *et al.*, 2006; ABE *et al.*, 2014; MUÑOZ *et al.*, 2015).

Seus frutos (**Figura 3**) são representados por pequenas bagas (7cm de diâmetro e 22 g em média), com casca verde a amarela na maturidade, são bastante perecíveis e com um agradável sabor agri-doce.

**Figura 3: Frutos de *Campomanesia lineatifolia* Ruiz e Pav. (Myrtaceae)**



**Fonte:** Próprio autor (2019).

São caracterizados pelo seu aroma intenso e pela alta concentração de vitamina C. A polpa é succulenta com sabor ácido e poucas sementes, sendo os frutos caracterizados por uma elevada quantidade de ácidos (especialmente ácido cítrico) e concentração de açúcares (principalmente sacarose). As formas de exploração dos frutos estão associadas à produção artesanal de polpa, sucos, vinho, iogurte, diferentes tipos de sobremesas, doces e geléias, entre outros (ABE *et al.*, 2014; MUÑOZ *et al.*, 2015; OTALVARO-ALVAREZ *et al.*, 2018). Além disso, conforme reportado por Arias (2019) as sementes possuem efeito bioherbicida podendo ser uma opção para reduzir o uso de herbicidas químicos.

Segundo Otalvaro-Alvarez (2018), apesar de existirem poucos estudos relacionados aos fitoquímicos dessa planta, foi encontrada a presença de  $\beta$ -tricetonas em sementes (champanonas A, B e C) e nove compostos voláteis isolados de polpa, casca, folhas e sementes, os quais apresentaram atividade antimicrobiana e uso potencial como corantes ou aditivos em matrizes de alimentos melhorando as características funcionais e/ou extensão da vida de prateleira destes insumos alimentares. Pesquisas realizadas apontaram também a presença de fenólicos totais e flavonoides que estão relacionados com as atividades antioxidante e anti-inflamatória (THEODOLUZ *et al.*, 1988; SCHMEDA-HIRSCHMANN, 1995; MARKMAN *et al.*, 2004; ZUANAZZI, MONTANHA, 2004; CAMPOS, 2005).

Existem poucos trabalhos realizados com a espécie *C. lineatifolia* na literatura, destaca-se a utilização popular para o tratamento de diarreias e problemas estomacais; uso tradicional das folhas, na forma de decocto, como remédio para cistites e uretrites; distúrbios hepáticos; bem como para a redução do colesterol no sangue e para a indução de perda de peso (MORAES,

1881; D'ÁVILA, 1910; CORREA,PENNA, 1984; MARKMAN, 2004; DICKEL *et al.*, 2007). Madalosso *et al.* (2012), conseguiram confirmar, através de seus estudos, o uso etnofarmacológico brasileiro de *C. lineatifolia* como um agente gastroprotetor e mostrar que o efeito antiulceroso está provavelmente mediado pela eliminação de radicais livres devido ao conteúdo de compostos fenólicos e, pelo menos em parte, pelo aumento da secreção de muco e da defesa da mucosa. Téllez *et al.* (2017) testou a capacidade antifúngica do extrato de *C. lineatifolia* em *Botrytis cinerea* e *Rhizopus stolonifer* em amoreira-preta (*Rubus glaucus*) avaliando o seu potencial antimicrobiano natural.

#### **2.2.4 *Campomanesia sessiliflora* (O. Berg) Mattos**

A *C. sessiliflora* está presente na Bolívia, Paraguai e no Brasil (TRÓPICOS, 2016). De acordo com Kataoka e Cardoso (2013), esta espécie é conhecida usualmente por guabirobeira-verde, sendo encontrada regularmente no bioma Cerrado e em áreas específicas de campos do Brasil Central representados pelos estados de Minas Gerais e Mato Grosso do Sul.

Os espécimes de *C. sessiliflora* (**Figura 4**), dependendo da sua variedade, podem ser encontrados na forma de arbustos ou árvores sendo que a *C. sessiliflora* variedade *sessiliflora* se caracteriza como árvore com folhas planas, pubescentes e lobos do cálice ovados. A *C. sessiliflora* variedade *bullata* (Barb.Rodr.) Landrum se caracteriza como arbusto com folhas buladas, glabrescentes e lobos do cálice triangulares raramente ovados. A *C. sessiliflora* variedade *lanuginosa* (Barb. Rodr. Ex Chodat & Hassl.) Landrum como arbusto com folhas planas, levemente buladas, lanuginosas e com lobos do cálice triangulares raramente ovados (FLORA DO BRASIL 2020).



**Figura 4:** *Campomanesia sessiliflora* (O. Berg) Mattos



**Fonte:** Próprio autor (2019).

Em um trabalho realizado no estado do Espírito Santo observou-se que a altura dos arbustos ou árvores varia de 5 a 17 metros; as folhas são opostas cruzadas com pecíolo piloso, glanduloso ou não; inflorescência com posição axilar tipo uniflora; e frutos globosos, pilosos, verdes com sépalas persistentes inteiras no fruto (LUBER *et al.*, 2017; FLORA DO BRASIL 2020). A florescência ocorre geralmente entre os meses de outubro e novembro e a frutificação entre dezembro e fevereiro. Os frutos apresentam polpa succulenta, consistente e de sabor adocicado (LORENZI *et al.*, 2006).

São poucos trabalhos farmacológicos na literatura sobre essa espécie, sendo bastante limitadas as informações a respeito da *C. sessiliflora*. Alguns estudos realizados reportam sobre a extração de terpenóides, de compostos fenólicos, flavonoides e de taninos demonstrando capacidade antioxidante, anti-inflamatória, antimicrobiana, antinociceptiva e fotoprotetora (BARBOSA *et al.*, 2015; RAMOS, 2017). Ainda, Barbosa (2015) relatou a presença de compostos fenólicos destacando-se os flavonoides como os responsáveis pela atividade antioxidante da planta inviabilizando a produção de radicais livres e consequentemente o estresse oxidativo, o qual é a base etiológica de várias patologias. Portanto, conforme os trabalhos realizados, nota-se que a *C. sessiliflora* possui uma quantidade de compostos bioativos com potencial terapêutico a serem investigados que podem ser promissores para integração em produtos multifuncionais (DOS SANTOS; RODRIGUES, 2017; CATELAN *et al.*, 2019).

## 2.3 Radicais livres

Para Halliwell e Gutteridge (2015) a expressão “radical livre” pode ser definida de forma simples como qualquer molécula ou átomo, com existência independente, que contenha um ou mais elétrons não pareados em sua camada eletrônica mais externa. Isso o torna altamente reativo e instável favorecendo a reação deste radical com qualquer composto localizado próximo à sua órbita eletrônica.

Para se tornarem estáveis, necessitam ceder elétrons em um processo de oxidação ou receber elétrons no chamado processo de redução. Dessa forma, os radicais livres podem induzir ou advir dessas reações de óxido-redução. Como produtos dessas reações, encontram-se as espécies reativas de oxigênio ou os agentes pró-oxidantes como íon superóxido ( $O_2^{\cdot-}$ ), hidroxila ( $OH^{\cdot}$ ), peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ), alcóxila ( $RO^{\cdot}$ ), peróxila ( $RO_2^{\cdot}$ ), peridroxila ( $HOO^{\cdot}$ ), oxigênio singleto ( $^1O_2$ ), óxido nítrico (NO), radicais de carbono e de enxofre (tiol), complexos de metais de transição ( $Fe^{+3}/Fe^{+2}$  e  $Cu^{+2}/Cu^{+}$ ) e ozônio (KOURY; DONANGELO, 2003; VASCONCELOS *et al.*, 2015). É importante ressaltar que a presença de radicais livres em desequilíbrio com os componentes antioxidantes pode interferir na manutenção da homeostase (POMPELLA, 1997). Diante desta alta reatividade, os radicais livres procuram doar ou retirar elétrons de outra molécula ou átomo e quando não encontram esses compostos para se ligarem, na tentativa de se obter a estabilidade, fundem-se às moléculas adjacentes, aumentam a capacidade de ligação aos tecidos e agem sobre as células promovendo alterações moleculares de suas membranas, oxidando de forma enzimática ou quimicamente os componentes celulares até provocarem alterações e disfunções celulares que levam à morte celular (FARINATTI, 2002; HIRATA; SATO; SANTOS, 2004; ALVES *et al.*, 2005).

A origem dos radicais livres pode ser endógena mediante formação fisiológica pelo organismo através da respiração celular nas mitocôndrias gerando ATP, dos macrófagos e neutrófilos que atuam no processo de fagocitose de bactérias e fungos invasores do organismo, da ativação do metabolismo do ácido araquidônico, bem como das enzimas que produzem indiretamente espécies reativas de oxigênio. A xantina oxidase que atua na conversão da xantina a ácido úrico a partir de purinas é citada como exemplo dessa produção. Os fatores exógenos como a radiação ultravioleta, agrotóxicos, poluição, fumo, dieta, quimioterápicos, podem também ser fonte de radicais livres (HIRATA; SATO; SANTOS, 2004; SCHNEIDER; OLIVEIRA, 2004).

Os radicais livres quando produzidos de forma equilibrada, possuem papel fundamental na defesa do organismo conforme relatado anteriormente através da atuação das células de

defesa. Porém, as espécies reativas de oxigênio também podem ser lesivas ao organismo quando ocorre um aumento considerável na sua produção e redução de agentes antioxidantes. Esse desequilíbrio provoca um acúmulo de radicais livres no organismo caracterizando o chamado estresse oxidativo gerando a oxidação de elementos essenciais da célula como proteínas, DNA e ácidos graxos (ALVES *et al.*, 2005; HALLIWELL, GUTTERIDGE, 2015).

O estresse oxidativo leve pode induzir a apoptose, sendo que a célula consegue converter a situação controlando o estado redox. Entretanto, o estresse oxidativo elevado e persistente pode levar à necrose promovendo um dano irreversível na célula. (KOVACIC; JACINTHO, 2001; VALKO *et al.*, 2004; RIDNOUR *et al.* 2005). Além do estresse oxidativo, pode ocorrer o estresse nitrosativo promovido pelas espécies reativas de nitrogênio (ERN).

As alterações danosas induzidas pelo estresse oxidativo nas células e tecidos têm sido a base etiológica de várias patologias degenerativas como a aterosclerose, cardiopatia, doenças pulmonares, diabetes, artrite, inflamações crônicas, entre outras (AMES *et al.*, 1993; WITZUM, 1994; ROY; KULKARNI, 1996; STAHL; SIES, 1997). Além disso, as modificações no DNA decorrentes dos radicais livres também podem conduzir aos processos de mutagênese e carcinogênese (POULSEN *et al.*, 1998).

Diante de todas as alterações provocadas pelos radicais livres, utilização de substâncias antioxidantes naturais ou mesmo sintéticas é o procedimento de defesa contra a atuação dessas espécies reativas. Os agentes antioxidantes provêm de dietas balanceadas, podem ser empregados nas indústrias alimentícias e de cosméticos, em bebidas e também na medicina, haja vista que muitas vezes os próprios medicamentos podem aumentar a geração intracelular desses radicais (DOROSHOW, 1983; HALLIWELL *et al.*, 1995; WEIJL *et al.*, 1997).

## **2.4 Antioxidantes**

A proteção celular contra os efeitos deletérios dos oxidantes reativos gerados no metabolismo aeróbio, chamado estresse oxidativo, é organizada em múltiplos níveis. As estratégias de defesa incluem três níveis de proteção: prevenção, interceptação e reparação. A regulação da capacidade antioxidante inclui a manutenção de níveis adequados de antioxidantes e a localização de compostos e enzimas antioxidantes (SIES, 1993).

Os antioxidantes são agentes responsáveis pela inibição e redução das lesões causadas pelos radicais livres nas células. Nesse contexto, o composto antioxidante atua como qualquer substância que, presente em baixas concentrações quando comparada a do substrato oxidável, retarda ou inibe a oxidação deste substrato de maneira eficaz (SIES; STAHL, 1995). São

largamente utilizados na indústria alimentícia como conservantes de alimentos evitando a deterioração dos produtos e mantendo seu valor nutricional (RAMALHO; JORGE, 2006), sendo também de grande interesse para os profissionais de saúde, visto que podem proteger o organismo contra os danos causados pelas espécies reativas de oxigênio (ERO) e doenças degenerativas (SHAHIDI, 1997).

Esses agentes de defesa antioxidante, que protegem as células contra os efeitos dos radicais livres, podem ser classificados em enzimáticos ou não-enzimáticos. Superóxido Dismutase (SOD), Catalase (CAT), Glutathione Peroxidase (GPX), NADPH-quinona oxidoreductase e enzimas de reparo são representantes de antioxidantes enzimáticos, enquanto que Ácido ascórbico (vitamina C),  $\alpha$ -tocoferol (vitamina E),  $\beta$ -caroteno, Flavonoides, Proteínas do plasma, Selênio, Glutathione, Clorofilina, L-cisteína, Curcumina representam os antioxidantes não-enzimáticos (SIES, 1993).

#### **2.4.1 Antioxidantes Sintéticos**

Os antioxidantes sintéticos mais utilizados são principalmente os fenólicos, como por exemplo, butil-hidroxianisol (BHA), butil-hidroxitolueno (BHT), terc-butil-hidroquinona (TBHQ), e o propilgalato (PG), sendo que em níveis mais elevados, a maioria deles se comporta como pró-oxidante (MADHAVI; DESHPANDE; SALUNKHE, 1996). A estrutura fenólica destes compostos permite a doação de um próton a um radical livre, regenerando, assim, a molécula do acilglicerol e interrompendo o mecanismo de oxidação por radicais livres.

Alguns trabalhos realizados através de análises toxicológicas têm demonstrado a probabilidade desses antioxidantes apresentarem sequelas carcinogênicas em experimentos com animais. Em outros estudos, identificou-se hiperplasia gastrointestinal em roedores provocada pelo uso do BHA e a redução da hemoglobina e hiperplasia de células basais induzidas pelo uso de TBHQ (RAMALHO; JORGE, 2006). Com isso, a aprovação de um antioxidante para uso alimentar exige extenso estudo toxicológico, incluindo estudos mutagênicos, cancerígenos, e de efeitos teratogênicos.

O *Joint Expert Committee on Food Additives* (JECFA) da *Food and Agriculture Organization* (FAO) e *World Health Organization* (WHO), conforme alguns estudos científicos relatam ter alterado nos últimos anos a ingestão diária aceitável (IDA) dessas substâncias (WÜRTZEN, 1990). É importante ressaltar que no Brasil a sua utilização é controlada pelo Ministério da Saúde que restringe a 200 mg/kg para BHA e TBHQ e 100 mg/g para BHT como



concentrações máximas permitidas com o objetivo de reduzir a incidência de tais efeitos (RAMALHO; JORGE, 2006).

A toxicologia de compostos antioxidantes tornou-se uma área polêmica, especialmente após recentes estudos de longa duração indicarem que o BHA e BHT poderiam produzir tumores em animais com doses elevadas como reportado anteriormente. Diante desta preocupação com o uso dos compostos sintéticos, várias pesquisas têm sido direcionadas para a identificação e avaliação das propriedades de novos compostos que ocorrem naturalmente, para substituírem os antioxidantes sintéticos (MADHAVI; KULKARNI; SHINGHAL, 1996).

#### **2.4.2 Antioxidantes Naturais**

Conforme relatado por Nass (2007), os vegetais possuem dois tipos de metabólitos, sendo eles os primários e secundários. Os metabólitos primários estão diretamente ligados à sobrevivência do vegetal atuando nos processos essenciais para as plantas como a fotossíntese, respiração e fixação dos nutrientes. Já os metabólitos secundários são responsáveis pela defesa das plantas através de suas atividades biológicas. Os últimos são classificados em quatro grupos de acordo com a sua rota biossintética: terpenos, compostos fenólicos, glicosídeos e alcaloides (GARCIA; CARRIL, 2011). Esses metabólitos secundários atuam como substâncias biologicamente ativas nas plantas e possuem a capacidade de interferir a nível molecular no organismo. Por isso, justifica-se a atenção crescente nos últimos anos direcionada a ação destes compostos de origem vegetal nos cuidados a saúde humana (SILVA *et al.*, 2010; MARTINS *et al.*, 2016; WINK, 2016).

Diante dos antioxidantes sintéticos serem alvos de questionamentos quanto à sua inocuidade, algumas pesquisas têm sido realizadas para a busca de compostos naturais que apresentem esta propriedade funcional, podendo atuar como alternativa para prevenir a deterioração oxidativa de alimentos e diminuir o uso dos antioxidantes sintéticos (PEREIRA, 1996; PÉREZ-JIMÉNEZ; SAURA-CALIXTO, 2005; YANISHLIEVA; MARINOVA; POKORNÝ, 2006; ELMASTAS, 2007).

A busca por antioxidantes naturais tornou-se assunto de grandes pesquisas que levaram à produção de estudos que relatam o conteúdo dos principais antioxidantes e sua atividade antioxidante (BREWER, 2011; KUMAR *et al.*, 2015). Diversas fontes naturais têm sido estudadas nas últimas décadas, devido ao alto teor de antioxidantes de frutas, chá, ervas, nozes, especiarias, vegetais, algas e até subprodutos da agroindústria (AGREGÁN *et al.*, 2017).

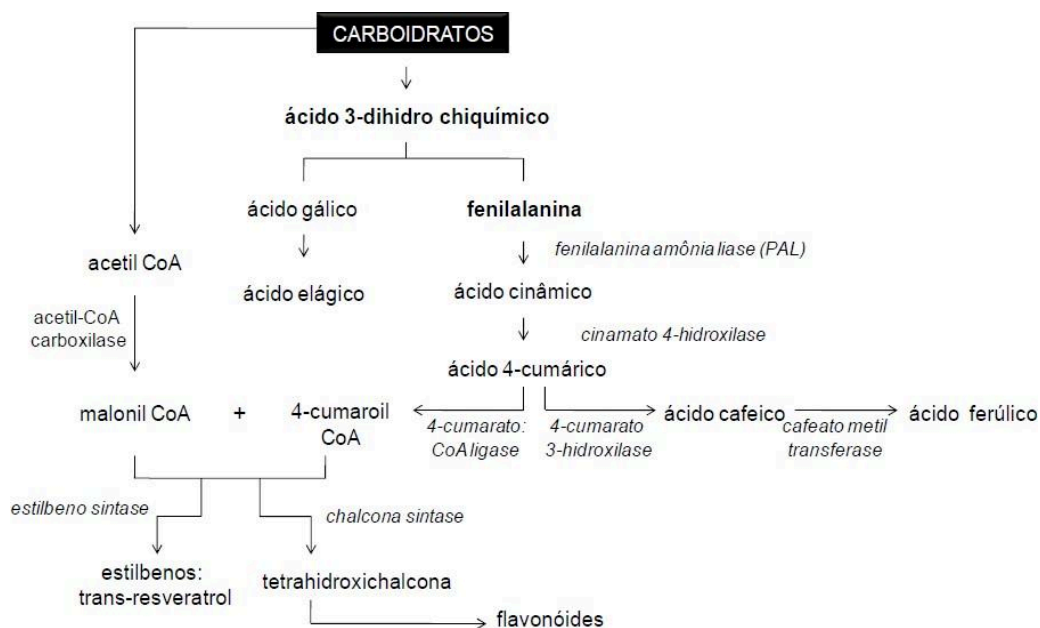
Os principais grupos de fitoquímicos naturais capazes de exercer atividade antioxidante são compostos fenólicos, carotenoides e óleos essenciais (MUNEKATA, FRANCO, TRINDADE; LORENZO, 2016). Os estudos estão mais concentrados nos compostos fenólicos de origem vegetal, uma vez que eles atuam como aceptores de radicais livres, interrompendo a reação em cadeia provocada por essas espécies reativas, além de agirem também nos processos oxidativos catalisados por metais, tanto *in vitro*, como *in vivo* (PRATT, 1979; NAKATANI, 1992; HUANG; FERRARO, 1994; HO *et al.*, 1994; DONNELLY; ROBINSON, 1995; CINTRA; MANCINI FILHO, 1996; WILLIAMSON *et al.*, 1998).

Os compostos fenólicos são um grupo diverso de metabólitos secundários amplamente distribuídos nos alimentos de origem vegetal, sendo que a atividade antioxidante desses compostos é determinada pelos números e posições do grupo hidroxila em associação com a carboxila funcional (RICE-EVANS, 1996). O flavonoide destaca-se como a principal classe de compostos fenólicos devido à diversidade de estruturas e fontes entre os vegetais (BREWER, 2011). Por outro lado, fenólicos não flavonoides incluem várias classes como ácidos fenólicos, cumarinas, estilbenos, lignanas, taninos e floroglucinóis (SHAHIDI; AMBIGAIPALAN, 2015). O grupo dos carotenoides é outra classe de antioxidantes naturais de grande relevância para o processamento de alimentos, sendo considerados excelentes desativadores de oxigênio singleto (DI MASCIO *et al.*; 1989).

#### **2.4.2.1 Compostos Fenólicos**

Os compostos fenólicos podem ser denominados além de metabólitos secundários, como biocompostos por apresentarem ação biológica, metabólica ou fisiológica específicas (ALMEIDA *et al.*, 2011). São sintetizados a partir do ácido chiquímico e do ácido malônico, o qual tem origem da fenilalanina e em menor intensidade da tirosina (via ácido chíquimico) (**Figura 5**) (SHAHIDI; NACZK, 2003; DEY *et al.*, 2016).

**Figura 5: Esquema simplificado das rotas biossintéticas envolvidas na produção de compostos fenólicos.**



**Fonte:** Adaptado de Crozier (2003).

Os compostos fenólicos são caracterizados quimicamente como elementos que apresentam um anel aromático contendo um ou mais radicais hidroxilas (-OH) (GHASEMZADEH; GHASEMZADEH, 2011). Apresentam propriedades de óxido-redução promovendo a absorção e neutralização de radicais livres devido à presença de elétrons em sua estrutura que estabilizam o radical formado pela oxidação do fenol (HORST, 2008).

As substâncias bioativas fenólicas apresentam um papel importante na pigmentação, no crescimento e reprodução das plantas, bem como na resistência contra patógenos. Além disso, esses compostos possuem potencial antioxidante que está diretamente associado à proteção contra o estresse oxidativo no organismo. Esse estresse ocorre no corpo humano quando as espécies reativas de oxigênio estão em desequilíbrio com os antioxidantes que ali se encontram (GHASEMZADEH; GHASEMZADEH, 2011).

Os fenólicos totais também exercem efeito antioxidante indireto protegendo as enzimas antioxidantes endógenas (PRADEEP; SREERAMA, 2015; ZHANG *et al.*, 2015a, 2015b). Além da atuação como antioxidante, apresentam ação anti-inflamatória devido à capacidade de transferência de elétrons e/ou átomos de hidrogênio aos radicais livres, assim como a capacidade de se ligarem a íons metálicos eminentemente pró-oxidantes (CRAFT *et al.*, 2012). Sendo assim, estão estreitamente relacionados à mitigação do risco de doenças cancerígenas, cardiovasculares, dermatite atópica, distúrbios neurológicos, diabetes e doenças crônico-

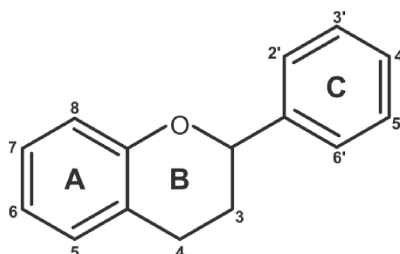
degenerativas como Alzheimer, por exemplo, (VALKO *et al.*, 2007; KRISHNAIAH; SARBATLT; NITHYANANDAM, 2011; ALMEIDA *et al.*, 2011; CLERICI; CARVALHO, 2011; KOLNIAK-OSTEK, *et al.*, 2015).

O consumo de frutas exóticas com alto valor nutritivo e sensorial tem aumentado notadamente nos últimos anos (PARK *et al.*, 2015). Pesquisas recentes têm relatado a variedade expressiva de compostos bioativos nesses frutos destacando os compostos fenólicos (BARROS *et al.*, 2017; YEMMEN *et al.*, 2017). Esses compostos na alimentação humana possuem atividade antioxidante agindo contra o estresse oxidativo, peroxidação lipídica, lesão inflamatória em células vasculares, além de danos oxidativos nas bases do DNA (SOUZA *et al.*, 2012; XIONG *et al.*, 2014; BOONPROM *et al.*, 2017; MOLLAHOSSEINI *et al.*, 2017).

#### 2.4.2.1.1 Flavonoides

Para Volp *et al.* (2008), os flavonoides são estruturas polifenólicas de baixo peso molecular encontradas naturalmente nas plantas. São os responsáveis pelo aspecto colorido das folhas e flores, podendo estar presentes nas demais partes das plantas. São descritas como moléculas compostas de 15 átomos de carbono arranjados em três anéis aromáticos ou benzênicos (C6-C3-C6), sendo dois anéis fenólicos substituídos (A e B) e um anel heterocíclico oxigenado central C, acoplado ao anel A (**Figura 6**) (DEWICK, 2009). Podem ser categorizados em flavonas (apigenina, luteolina), flavonóis (quercetina, miricetina), catequinas ou flavanóis (epicatequina, galocatequina), flavanonas (naringenina, hesperitina), antocianinas (cianidina e pelargonidina), isoflavonas (genisteína, daidzeína) e chalconas.

**Figura 6:** Estrutura e numeração básica de um flavonoide.



Os compostos flavonoides servem uma multiplicidade de funções nas células eucarióticas, não apenas devido à sua localização em diferentes células e compartimentos subcelulares, mas também em consequência de suas estruturas químicas. Conferem uma boa resposta ao estresse e apresentam um grande potencial para reduzir várias formas de espécies

reativas de oxigênio, condição comum com a qual as plantas se deparam quando experimentam diferentes estresses de origem abiótica e biótica. Essa capacidade redutora é atribuída à sua estrutura química ideal para o sequestro de radicais livres que contém numerosas hidroxilas que podem atuar na doação de elétrons e de hidrogênios (FOOD INGREDIENTES BRASIL, 2009).

Conforme descrito por Prasad *et al.* (2007), a ação antioxidante dos flavonóides ocorre devido à união do grupo fenólico hidroxil ao anel fenólico, permitindo que esses compostos bioativos atuem como redutores, doadores de hidrogênio, sequestrantes de oxigênio singlete, ânion superóxido e quelante de metais. Além disso, esses compostos ativam também as enzimas antioxidantes, inibem as oxidases, diminuem o estresse nitrosativo e aumentam os níveis de ácido úrico e moléculas de baixo peso molecular importantes.

Neste contexto, os compostos flavonoides podem interferir de diferentes maneiras na ação dos radicais livres como a eliminação direta desses radicais através da oxidação dos flavonoides por espécies reativas de oxigênio, resultando em um radical livre menos reativo ou até mesmo inativo; podem controlar a baixa produção de superóxidos, enquanto outros podem eliminar o peroxinitrito; podem atuar também como antioxidantes por meio da inibição de enzimas pró-oxidantes como, por exemplo, a inibição da xantina oxidase que pode, em determinadas situações, produzir radicais superóxidos; podem promover a quelação de metais de transição como o ferro, por exemplo, o qual pode cataliticamente gerar radicais livres muito reativos e, em algumas situações, os metais e flavonoides podem formar complexos que eliminam os radicais livres (HANASAKI; OGAWA; FUKUI, 1994; NIJVELDT *et al.*, 2001; PISOSCHI; POP, 2015). A atividade de sequestro está diretamente ligada ao potencial de oxidação dos flavonoides e das espécies a serem sequestradas. Quanto menor o potencial de oxidação do flavonoide, maior é a sua atividade como sequestrador de radicais livres (BARREIROS, DAVID; DAVID, 2006).

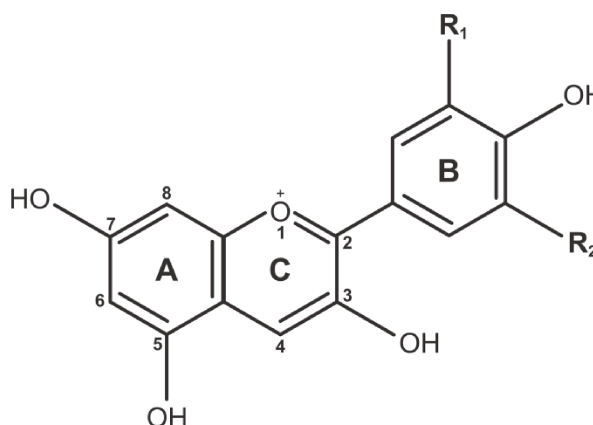
Considerando as ações relatadas dos flavonoides, estes são vistos como promotores da saúde humana devido a sua atividade antioxidante, antimicrobiana, anticoagulante, anticancerígena, entre outras (JULSING *et al.*, 2006). Segundo Morais *et al.* (2006), a busca por fontes naturais de antioxidantes vem crescendo, vez que até mesmo o envelhecimento pode ser retardado através de substâncias antioxidantes como esses compostos fenólicos, protegendo as funções fisiológicas.

#### **2.4.2.1.2 Antocianinas**

As antocianinas são flavonoides amplamente distribuídos e abundantes em frutas e vegetais que conferem a estes alimentos as colorações azul, vermelho e roxo. Tornam-se interessante face aos outros flavonoides, uma vez que elas ocorrem na dieta em concentrações relativamente altas (COOKE *et al.*, 2005). Segundo as pesquisas, as antocianinas apresentam propriedades multifuncionais incluindo atividades antioxidantes, anti-inflamatórias, antiproliferativas (efeitos quimiopreventivos e terapêuticos), indutoras de apoptose, vasotônicas e proteção contra radiação.

São encontradas nos alimentos como glicosídeos de sais de flavilium (2-fenilbenzopyrylium) de seis antocianidinas agliconas: cianidina, delphinidina, malvidina, pelargonidina, peonidina e petunidina. As formas desglicosiladas ou agliconas das antocianinas são conhecidas como antocianidinas e apresentam estruturalmente o esqueleto C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>-C<sub>6</sub> que é dependente do pH (**Figura 7**) (AQIL *et al.*, 2014; FERNANDES *et al.*, 2014).

**Figura 7: Representação da estrutura química das principais antocianidinas em alimentos.**



A estrutura fenólica das antocianinas atribui ao composto atividade antioxidante, capacidade de eliminar espécies reativas de oxigênio (ERO) como superóxido ( $O_2^-$ ), oxigênio singlete ( $-O_2$ ), peróxido ( $ROO^-$ ), peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) e hidroxila radical (OH) (WANG; JIAO, 2000). Mesmo que a maioria dos efeitos protetores das antocianinas seja atribuída à sua capacidade de eliminar as ERO, elas também funcionam por quelar metais e por ligação direta a proteínas (KONG *et al.*, 2003).

A atividade de eliminação de radicais livres das antocianinas está relacionada à presença de grupos hidroxila situados na posição 3 do anel C e também nas posições 3', 4' e 5' no anel B da molécula. Em geral, a atividade de eliminação de radicais das antocianidinas (agliconas), apresentam, capacidade superior de captação de radicais livres às das antocianinas

(glicosídeos), competência essa que decai à medida que aumenta o número de açúcares adicionados (WANG; STONER, 2008). É importante ressaltar que a maioria desses compostos é encontrada na natureza na forma glicosilada (antocianinas) (COOKE *et al.*, 2005).

Segundo o trabalho de Cedrim; Barros; Nascimento (2018) essa classe dos compostos fenólicos modula o metabolismo lipídico minimizando os danos no organismo causados pelo estresse oxidativo desencadeado por patologias crônicas, bem como apresentam efeitos satisfatórios nos níveis de glicemia e pressão arterial, de modo a prevenir e regular os efeitos da síndrome metabólica.

#### 2.4.2.2 Carotenoides

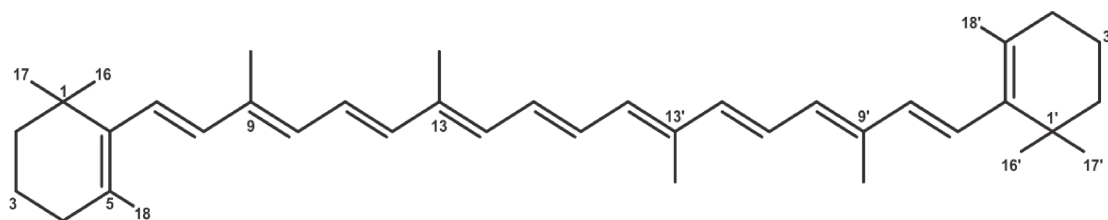
A biossíntese dos carotenoides ocorre em organismos fotossintéticos abrangendo as plantas superiores, as algas, fitoplâncton, bactérias fitotrópicas, algumas outras bactérias e alguns fungos (LIAAEN-JENSEN, 2004). Nas plantas, essa biogênese é rigorosamente controlada ao longo do ciclo de vida tanto nos tecidos vegetativos representados pelas folhas e caules, como nos reprodutivos caracterizados pelas flores e frutos (CAZZONELLI; POGSON, 2010).

Os carotenoides luteína,  $\beta$ -caroteno, violaxantina e a neoxantina, nos vegetais verdes, exercem um papel importante no funcionamento do fotossistema, na colheita de luz e na fotoproteção. Já nas flores e frutos maduros, esses pigmentos atraem polinizadores e dispersores de sementes, respectivamente (LADO; ZACARÍAS; RODRIGO, 2016).

Para Schieber e Carle (2005), os carotenoides se caracterizam como pigmentos lipossolúveis com cores que se diferenciam entre o vermelho, alaranjado e amarelo, podendo ser encontrados também em penas de flamingos, na gema de ovo e no exoesqueleto de invertebrados devido à ingestão de alimentos contendo carotenos. São usados principalmente como corantes naturais nos alimentos contribuindo também com as suas propriedades antioxidantes (GOMES, 2007).

O método pelo qual os carotenoides conferem a proteção biológica ao sistema de radicais livres depende da transferência do oxigênio singlete impedindo a formação de hidroperóxidos em presença de oxigênio atômico. A eficácia dessa reação com o oxigênio singlete está ligada com o número de duplas ligações na molécula (**Figura 8**). Carotenoides com maior número de duplas ligações conjugadas têm melhor capacidade de reação do que aqueles que possuem menos duplas ligações conjugadas por formar compostos mais estáveis devido ao efeito ressonância (RAJALAKSHMI; NARASIMHAN, 1995).

**Figura 8: Representação da estrutura química do  $\beta$ -caroteno.**



Além de pigmentos, os carotenoides possuem ações anticarcinogênicas, imunomoduladoras, preventivas das doenças cardiovasculares, e alguns podem ser precursores de vitamina A. Alguns específicos como a luteína e o licopeno contribuem para a prevenção de doenças como degeneração macular, que afeta a visão, e câncer, respectivamente (MESQUITA; TORQUILHO, 2017).

Esses compostos são encontrados em concentrações significativas nas frutas e vegetais como cenoura, mamão, manga, gabirola, tomate, brócolis, couve, entre outros. A ingestão de tomates e de seus derivados tem sido associada à prevenção de doenças cardiovasculares, doenças crônicas e câncer. Outro efeito importante desses carotenoides está relacionado à sua ação de impedir a genotoxicidade e consequentemente a mutagênese. Além disso, induzem seletivamente a apoptose de células tumorais no câncer de mama protegendo as células saudáveis (MESQUITA; TORQUILHO, 2017).



## REFERÊNCIAS

ABE, S.Y. *et al.* Prospecção fitoquímica, teor de flavonoides totais e capacidade antioxidante de *Campomanesia xanthocarpa* Mart. ex O. Berg (MYRTACEAE). **Revista Eletrônica de Farmácia**, Jataí, v. 11, n. 2, p. 14, 2014.  
<https://doi.org/10.5216/ref.v11i2.19967>

AGREGÁN, R. *et al.* Proximate composition, phenolic content and *in vitro* antioxidant activity of aqueous extracts of the seaweeds *Ascophyllum nodosum*, *Bifurcaria bifurcata* and *Fucus vesiculosus*. Effect of addition of the extracts on the oxidative stability of canola oil under accelerated storage conditions. **Food Research International**, v. 99, p. 986-994, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.11.009>

ALMEIDA, M. M. B. *et al.* Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh exotic fruits from northeastern Brazil. **Food Research International**, v.44, p.2155–2159, 2011.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.03.051>

ALVES, J.A.N.R. *et al.* **Envelhecimento normal**. Florianópolis, 2005. 51f. Monografia (Graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina.

ALVES, A. M. *et al.* Physical and chemical characterization, total phenolics and antioxidant activity of the gabioba pulp and residue. **Revista brasileira de fruticultura**, v. 35, n. 3, p. 837-844, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452013000300021>

AMARAL, E. V. E. J. **Caracterização morfológica e identificação taxonômica de espécies de *Campomanesia ruiz e pavon* (Myrtaceae)**. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal de Goiás. Jataí: UFG, 2012.

AMES, B.N., SHIGENAGA, M.K., HAGEN, T.M. Oxidants, antioxidants, and the degenerative diseases of aging. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington DC, v.90, n.17, p.7915-7922, 1993.  
<https://doi.org/10.1073/pnas.90.17.7915>

AQIL, F. *et al.* Detection of anthocyanins/anthocyanidins in animal tissues. **Journal of agricultural and food chemistry**, vol. 62,18, 3912-8, 2014.  
<https://doi.org/10.1021/jf500467b>

ARIAS, D. F. P. ENCUESTA PILOTO PARA CONSUMIDORES Y DISTRIBUIDORES SOBRE LA CHAMBA (*Campomanesia lineatifolia* R. & P.) EN BOGOTÁ DC, COLOMBIA. **Boletín Semillas Ambientales**, v. 13, n. 1, p. 17-27, 2019.

ARRUDA, M. F. C. **Estudos morfoanatômico, fitoquímico e de atividades biológicas de *Campomanesia guazumifolia* (CAMBESS.) O. Berg, Myrtaceae**, 2013.

AUNE, D. *et al.* Fruit and vegetable intake and the risk of cardiovascular disease, total cancer and all cause mortality- a systematic review and dose response meta analysis of prospective studies. **International Journal of Epidemiology**, Oxford, v.46, n.3, p.1029–1056, 2017. <https://doi.org/10.1093/ije/dyw319>

BARBOSA, R. M. A. *et al.* **Avaliação da Atividade Antioxidante e Fotoprotetorado Extrato Etanólico de *Campomanesia sessiliflora***. Universidade Católica Dom Bosco. Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia. Campo Grande – MS, Março de 2015.

BARREIROS, A. L. B. S.; DAVID, J. M.; DAVID, J. P. Estresse oxidativo: relação entre gerações de espécies reativas e defesa do organismo. **Química Nova**, v. 29, n. 1, p. 113-123, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422006000100021>

BARROS, R. G. C. *et al.* Evaluation of bioactive compounds potential and antioxidant activity in some Brazilian exotic fruit residues. **Food Research International**. Ottawa, v. 102, p. 84-92, Dec. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.09.082>

BORLAUG, N.E. Feeding a world of 10 billion people: the miracle ahead. **In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant**, v. 38, n. 2, p. 221-228, 2002. <https://doi.org/10.1079/IVP2001279>

BRASIL, Food Ingredientes. Panificação. **Rev. Fi**, São Paulo, v. 10, p. 23, 2009.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. O Bioma cerrado. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/biomas/cerrado>. Acesso em: 14 jan. 2019.

BREITMAIER, E. **Terpenes - Flavors, Fragrances, Pharmaca, Pheromones**. Wiley-VCH, Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 2006. <https://doi.org/10.1002/9783527609949>

BREWER, M. S. Natural antioxidants: sources, compounds, mechanisms of action, and potential applications. **Comprehensive reviews in food science and food safety**, v. 10, n. 4, p. 221-247, 2011. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2011.00156.x>

***Campomanesia* in Flora do Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB10326>>. Acesso em: 20 Out. 2018.

CAMPOS, M. G. Flavonóides. In: CUNHA, A. P. *et al.* (Org.). **Farmacognosia e Fitoquímica**. 1. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, Cap. 13, p. 238-289, 2005.

CANUTO, G.A.B; XAVIER, A.A.O; NEVES, L.C.; BENASSI, M.T. Caracterização físico-química de polpas de frutos da Amazônia e sua correlação com a atividade antirradical livre. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.32, n.4, p.1196-1205, 2010.  
<https://doi.org/10.1590/S0100-29452010005000122>

CARDOSO, C. A. L. *et al.* Antimicrobial activity of the extracts and fractions of hexanic fruits of *Campomanesia* species (Myrtaceae). **J. Med. Food**, 13, 1273–1276, 2010.  
<https://doi.org/10.1089/jmf.2009.0047>

CARDOSO, C.A.L.; KATAOKA, V.M.F.; RÉ-POPPI, N. Óleo de Folha de *Campomanesia sessiliflora* O. Berg. **Jornal de Pesquisa de Óleo Essencial**, 22:4, 303-304, 2010.

CARDOSO, L. de M. Araticum, cagaita, jatobá, mangaba e pequi do Cerrado de Minas Gerais: ocorrência e conteúdo de carotenoides e vitaminas. **Univ. Fed. Viçosa**, Viçosa, Brasil, 2011.

CARDOSO, L.M.; MARTINO, H.S.D.; MOREITA, A.V.B.; RIBEIRO, S.M.R.E SANT'ANA, H.M.P. Cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.) of the Cerrado of Minas Gerais, Brazil: Physical and chemical characterization, carotenoids and vitamins. **Food Research International**, Barking, v.44, p.2151–2154, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.03.005>

CARVALHO, P. E. R. Sete-capotes (*Campomanesia guazumifolia*). **Agência de informações EMBRAPA espécies arbóreas brasileiras**. Acesso em: 19/06/2020. Disponível online em:<[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/especies\\_arboreas\\_brasileiras/arvore/CON T000fu17wvyo02wyiv807nyi6snitu14k.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/especies_arboreas_brasileiras/arvore/CON T000fu17wvyo02wyiv807nyi6snitu14k.html)>.

CATELAN T. B. S.L. *et al*, Evaluation of the *in vitro* photoprotective potential of ethanolic extracts of four species of the genus *Campomanesia*. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**. Elsevier, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2019.04.009>

CATELAN, T. B. S.*et al*. Evaluation of the toxicity and anti-inflammatory activities of the infusion of leaves of *Campomanesia guazumifolia* (Cambess.) O. Berg.**Journal of ethnopharmacology**, v. 226, p. 132-142, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2018.08.015>

CAZZONELLI, C. I.; POGSON, B. J. Source to sink: regulation of carotenoid biosynthesis in plants. **Trends in Plant Science**, v. 15, n. 5, p. 266–274, 2010.  
<https://doi.org/10.1016/j.tplants.2010.02.003>

CEDRIM, P. C. A.S.; BARROS, E. M. A.; NASCIMENTO, T. G. Antioxidant properties of acai (*Euterpe oleracea*) in the metabolic syndrome. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 21, 2018. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.09217>

CERQUEIRA, M. D. **Estudo Fitoquímico de *Myrcia rotundifolia* (Berg.) Legrand. (*Myrtaceae*)**. Dissertação (Mestrado em Química Orgânica) – Universidade Federal da Bahia. Salvador: UFBA, 2002.

CHISTÉ, R.C. *et al.* The potential of extracts of *Caryocar villosum* pulp to scavenge reactive oxygen and nitrogen species. **Food Chemistry**, v.135, n.3, p.1740-1749, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.06.027>

CIALDELLA-KAM, Lynn *et al.* Quercetin and green tea extract supplementation downregulates genes related to tissue inflammatory responses to a 12-week high fat-diet in mice. **Nutrients**, v. 9, n. 7, p. 773, 2017. <https://doi.org/10.3390/nu9070773>

CINTRA, R. M. G.; MANCINI FILHO, J. Antioxidant activity of spices in different systems. **In: Biennial Meeting International Society for Free Radical Research**, p. 90, 1996.

CLERICI, M.T.P.S.; CARVALHO-SILVA, L.B. Nutritional bioactive compounds and technological aspects of minor fruits grow in Brazil. **Food Research International**, v.44, p.1658-1670, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.04.020>

COOKE, Darren *et al.* Anthocyanins from fruits and vegetables—does bright colour signal cancer chemopreventive activity?. **European Journal of Cancer**, v. 41, n. 13, p. 1931-1940, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.ejca.2005.06.009>

CORRÊA, Manoel Pio; DE AZEREDO PENNA, Leonam. Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas: HL. **Ministério da Agricultura, Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal**, 1984.

COUTINHO I. D. *et al.* Determination of phenolic compounds and evaluation of antioxidant capacity of *Campomanesia adamantium* leaves. **Eclet. Quím.** 33 53–60, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0100-46702008000400007>

COUTINHO I.D. *et al.* The influence of seasonal variation in levels of flavonoids and antioxidant activity of the leaves of *Campomanesia adamantium*. Ver. **Bras. Farmacogn**, v. 20, p. 322-327, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0102-695X2010000300006>

COUTINHO, I. D.; CARDOSO, C. A. L.; RÉ-POPPI, N.; MELHO, A. M., VIEIRA, M. C., HONDA, N. K.; COELHO, R. B. Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS) and evaluation of antioxidant and antimicrobial activities of essential oil of *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg (Guavira). **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**. v. 45, n. 4, p. 767-776, 2009. <https://doi.org/10.1590/S1984-82502009000400022>

CRAFT, B.D. *et al.* Phenol-Based Antioxidants and the Vitro Methods Used for Their Assessment. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 11, n.2, p. 148-173, 2012. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2011.00173.x>

RAMALHO, V. C.; JORGE, N. Antioxidantes utilizados em óleos, gorduras e alimentos gordurosos. **Química nova**, p. 755-760, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422006000400023>

CROZIER, A. Classification and biosynthesis of plants and secondary products: na overview. In: GOLDBERG, G. (Ed). **Plants: diet and health**. **Lowa: Blackwell Science for the British Nutrition Foundation**, cap. 2, p. 27-48, 2003. <https://doi.org/10.1002/9780470774465.ch2>

DA SILVA, E. R. S. *et al.* Anti-inflammatory evaluation and toxicological analysis of *Campomanesia xanthocarpa* Berg. **Inflammation**, v. 39, n. 4, p. 1462-1468, 2016. <https://doi.org/10.1007/s10753-016-0378-3>

D'ÁVILA, M. C. Da flora medicinal do Rio Grande do Sul. **Faculdade Livre de Medicina e Pharmacia de Porto Alegre**, Porto Alegre, p. 155, 1910.

DE ARAÚJO, Fábio Fernandes *et al.* Wild Brazilian species of *Eugenia* genera (*Myrtaceae*) as an innovation hotspot for food and pharmacological purposes. **Food research international**, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.03.018>

DE OLIVEIRA FERNANDES, T., *et al.* *Campomanesia adamantium* (*Myrtaceae*) fruits protect HEPG2 cells against carbon tetrachloride-induced toxicity. **Toxicology reports**, 2: 184-193, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2014.11.018>

DE SOUZA J. C. *et al.* Toxicological analysis and antihyperalgesic, antidepressant, and anti-inflammatory effects of *Campomanesia adamantium* fruit barks. **Nutr.Neurosci.** 20 23–31, 2017. <https://doi.org/10.1179/1476830514Y.00000000145>

DEMBITSKY, et al. The multiple nutrition porpeerties of some exotic fruits: Biological activity and active metabolites. **Food Research International**, Barking, v.44, p.1671–1701, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.03.003>

DEWICK, P.M. The mevalonate and methylerythritol phosphate pathways: terpenoids and steroids. **Medicinal Natural Products: a biosynthetic approach**. 3 ed., Chichester: John Wiley & Sons, cap.5, p. 187-306, 2009.

DEY, T.B. *et al.* Antioxidant phenolics and their microbial production by submerged and solid state fermentation process: A review. **Trends in Food Science & Technology**, 2016.

DI MASCO, P.; KAISER, S.; SIES, H. Lycopene as the most efficient biological carotenoid singlet oxygen quencher. **Archives Biochemistry Biophysics**, Amsterdam, v.274, n.2, p.532-538, 1989. [https://doi.org/10.1016/0003-9861\(89\)90467-0](https://doi.org/10.1016/0003-9861(89)90467-0)

DICKEL, Michele Luciane; RATES, Stela Maris Kuze; RITTER, Mara Rejane. Plants popularly used for losing weight purposes in Porto Alegre, South Brazil. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 109, n. 1, p. 60-71, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2006.07.003>

DONNELLY, J. K.; ROBINSON, D. S. Invited review free radicals in foods. **Free radical research**, v. 22, n. 2, p. 147-176, 1995. <https://doi.org/10.3109/10715769509147536>

DOROSHOW, J.H. Effect of anthracycline antibiotics on oxygen radical formation in rat heart. **Cancer Research**, Baltimore, v.43, n.2, p.460-472, 1983.

DOS SANTOS, D. S.; RODRIGUES, M. M. F. Atividades farmacológicas dos flavonoides: um estudo de revisão. **Estação Científica (UNIFAP)**, v. 7, n. 3, p. 29-35, 6 nov. 2017. <https://doi.org/10.18468/estcien.2017v7n3.p29-35>

DURIGAN, G. *et al.* Plantas do cerrado paulista: imagens de uma paisagem ameaçada. São Paulo: **Páginas & Letras**, 475 p, 2004.

ELMASTAS, Mahfuz *et al.* Determination of antioxidant activity and antioxidant compounds in wild edible mushrooms. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 20, n. 3-4, p. 337-345, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2006.07.003>

ESPINDOLA, Priscilla Pereira de Toledo *et al.* Antioxidant and antihyperlipidemic effects of *Campomanesia adamantium* O. Berg root. **Oxidative medicine and cellular longevity**, v. 2016, 2016. <https://doi.org/10.1155/2016/7910340>

FARINATTI, P.T.V. Teorias biológicas do envelhecimento: do genético ao estocástico. **ver Bras Méd Esporte**, v.8, n.4, p.129-138, 2002. <https://doi.org/10.1590/S1517-86922002000400001>

FERNANDES, Iva *et al.* Bioavailability of anthocyanins and derivatives. **Journal of functional foods**, v. 7, p. 54-66, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2013.05.010>

FERREIRA, L.C.*et al.* Anti-inflammatory and antinociceptive activities of *Campomanesia adamantium*.**J. Ethnopharmacol.**145, 100-108, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2012.10.037>

**Flora do Brasil 2020 em construção.** Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: < <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/> >. Acesso em: 17 jun. 2020.

FORZZA, R.C. *et al.* Catálogo de plantas e fungos do Brasil. v 2. Rio de Janeiro: **Instituto de Pesquisas Jardim Botânico** do Rio de Janeiro, 2010.

GARCÍA, Adolfo Ávalos; CARRIL, Elena Pérez-Urria. Metabolismo secundario de plantas. **Reduca (biologia)**, v. 2, n. 3, 2011.

GHASEMZADEH, A.; GHASEMZADEH, N. Flavonoids and phenolic acids: Role and biochemical activity in plants and human. **Journal of Medicinal Plants Research**, 2011. <https://doi.org/10.5897/JMPR11.1404>

GHASEMZADEH, A.; HZE, J. Anticancer and antioxidant activities of Malaysian young ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) varieties grown under different CO<sub>2</sub> concentration.**J.Med. Plant Res.**, 5(14): 3247-3255, 2011.

GOLDONI, J. **Caracterização físico-química, atividade antimicrobiana de frutos e germinação de sete capoteira [*Campomanesia guazumifolia* (Cambess.) O. Berg].** 2018.

GOMES, S. F. Carotenóides: uma possível proteção contra o desenvolvimento e câncer. **Revista de Nutrição**, v. 20, n. 5, p. 537-548, set./out., 2007. <https://doi.org/10.1590/S1415-52732007000500009>

GOMES, J.P.*et al.* Substratos e temperaturas para teste de germinação em sementes de *Myrtaceae*.**Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 4, p. 285-293, jan.-mar., 2016. <https://doi.org/10.5902/1980509821120>

GONÇALVES, A.E.S.S.; LAJOLO, F.M.; GENOVESE, M.I. Chemical composition and antioxidant/antidiabetic potential of brazilian native fruits and commercial frozen pulps. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v.58, n.8, p.4666–4674, 2010. <https://doi.org/10.1021/jf903875u>



GONÇALVES, Hebner; MENEGUZZO, Isonel Sandino; MORO, Rosemeri Segecin. **Políticas públicas para a conservação do Bioma Cerrado no Estado do Paraná, Brasil.** Terr@ Plural, v. 13, n. 1, p. 138-152, 2019. <https://doi.org/10.5212/TerraPlural.v.13i1.0009>

GONZÁLEZ, N. *et al.* Potential use of *Cytisus scoparius* extracts in topical applications for skin protection against oxidative damage. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, v. 125, p. 83-89, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2013.05.003>

GOVAERTS, R. *et al.* World Checklist of *Myrtaceae*. **Royal Bota** ed. [S.l.]: [s.n.], 2008.

GOVAERTS, R. *et al.* World Checklist of *Cyperaceae*. Facilitated by the Royal Botanic Gardens, Kew. **Published on the Internet**. 2015.

GRATTAPAGLIA, D. *et al.* Progress in *Myrtaceae* genetics and genomics: *Eucalyptus* as the pivotal genus. **Tree Genetics and Genomes**, v. 8, n. 3, p. 463–508, 2012. <https://doi.org/10.1007/s11295-012-0491-x>

HALLIWELL, B. *et al.* The characterization on antioxidants. **Food and Chemical Toxicology**. 1995. [https://doi.org/10.1016/0278-6915\(95\)00024-V](https://doi.org/10.1016/0278-6915(95)00024-V)

HALLIWELL, B.; GUTTERIDGE, J. M. C. Free radicals in biology and medicine. **Oxford University Press**, USA, 2015. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780198717478.001.0001>

HANASAKI, Y.; OGAWA, S.; FUKUI, S. The correlation between active oxygens scavenging and antioxidative effects of flavonoids. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 16, n. 6, p. 845-850, 1994. [https://doi.org/10.1016/0891-5849\(94\)90202-X](https://doi.org/10.1016/0891-5849(94)90202-X)

HIRATA, L. L.; SATO, M. E. O.; SANTOS, C. A. M. Radicais livres e o envelhecimento cutâneo. **Acta Farmaceutica Bonaerense**, v.23, n.3, p. 418-424, 2004.

HO, C. T. *et al.* Phytochemicals in teas and rosemary and their cancer-preventive properties. **In: ACS symposium series (USA)**. 1994. <https://doi.org/10.1021/bk-1994-0547.ch001>

HORST, H. **Análise química e biológica dos constituintes fenólicos de *Croton celtidifolius*** Baill. 2008. 79f. Dissertação (Mestrado em Química) – Centro de Ciências Físicas e Matemáticas – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

HUANG, M. T.; FERRARO, T.; HO, C. T. Cancer chemoprevention by phytochemicals in fruits and vegetables: an overview. **In: ACS symposium series**. 1994. <https://doi.org/10.1021/bk-1994-0546.ch001>



KATAOKA, V. M. F.; CARDOSO, C. A. L. Evaluation of the chromatographic profile and the antioxidant activity of the species *Campomanesia sessiliflora* (O. Berg) Mattos and *Campomanesia xanthocarpa* O. Berg. **Revista Brasileira de Plantas Medicinai**s, v. 15, n. 1, p. 121-129, 2013. <https://doi.org/10.1590/S1516-05722013000100017>

KATAOKA, V.M.F; CARDOSO, C.A.L. Avaliação do perfil cromatográfico obtidos por CLAE-DAD e da atividade antioxidante das folhas de espécies *Campomanesia sessiliflora* (O. Berg) Mattos e *Campomanesia xanthocarpa* O. Berg. **Revista bras.Plantasmed**, vol.15 no. 1 Botucatu, 2013. <https://doi.org/10.1590/S1516-05722013000100017>

KIST, B.B.; CARVALHO, C.; TREICHEL, M.; SANTOS, C.E. Anuário brasileiro da fruticultura 2018. Santa Cruz doSul: **Editora Gazeta Santa Cruz**, 2018. 88 p. 2018.

KLAFKE, Jonatas Zeni *et al.* Effects of *Campomanesia xanthocarpa* on biochemical, hematological and oxidative stress parameters in hypercholesterolemic patients. **Journal of ethnopharmacology**, v. 127, n. 2, p. 299-305, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2009.11.004>

KOLNIAK-OSTEK, J.; OSZMIANSKI, J. Characterization of phenolic compounds in different anatomical pear (*Pyrus communis* L.) parts by ultra-performance liquid chromatography photodiode detector-quadrupole/time offlight-mass spectrometry (UPLC-PDA-Q/TOF-MS). **International Journal of Mass Spectrometry**, v.392, p.154-163, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.ijms.2015.10.004>

KONG, J. M. *et al.* Analysis and biological activities of anthocyanins. **Phytochemistry**, v. 64, n. 5, p. 923-933, 2003. [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(03\)00438-2](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(03)00438-2)

KOOTI, W. *et al.* Effective medicinal plant in cancer treatment, part 2: Review study. J. Evid.-Based Complement. **Altern Med**, 22, 982–995, 2017. <https://doi.org/10.1177/2156587217696927>

KOURY, J. C.; DONANGELO, C. M. Zinco, estresse oxidativo e atividade física. **Revista de Nutrição**, v. 16, n. 4, p. 433-441, 2003. <https://doi.org/10.1590/S1415-52732003000400007>

KOVACIC, Peter; JACINTHO, Jason D. Mechanisms of carcinogenesis focus on oxidative stress and electron transfer. **Current medicinal chemistry**, v. 8, n. 7, p. 773-796, 2001. <https://doi.org/10.2174/0929867013373084>

KRISHNAIAH, D.; SARBATLY, R.; NITHYANANDAM, R.A review of the antioxidant potential of medicinal plant species. **Food and bioproducts processing**, v. 89, n. 3, p. 217-233, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2010.04.008>

KUMAR, S. *et al.* Development and evaluation of alginate–chitosan nanocapsules for controlled release of acetamiprid. **International journal of biological macromolecules**, v. 81, p. 631-637, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2015.08.062>

LADO, J.; ZACARÍAS, L.; RODRIGO, M. J. Regulation of carotenoid biosynthesis during fruit development. In: STANGE, C. (Ed.). *Carotenoids in Nature: Biosynthesis, Regulation and Function*. **Barcelona: Springer International Publishing**, v. 79p. 161– 198, 2016. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-39126-7\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-319-39126-7_6)

LANDRUM, L. R. *Campomanesia*, Pimenta, *Blepharocalyx*, *Legrandia*, *Acca*, *Myrrhinium*, and *Luma* (*Myrtaceae*). **Flora Neotropica**, v. 45, p. 1-178, 1986.

LATTUADA, D.S. *et al.* Enxertia herbácea em *Myrtaceae* nativas do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal, v. 32, n. 4, p. 1285-1288. 2010. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452010005000115>

LAVECCHIA, T. *et al.* Healthy and adverse effects of plant-derived functional metabolites: the need of revealing their content and bioactivity in a complex food matrix. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 53, p. 198-213, 2013. <https://doi.org/10.1080/10408398.2010.520829>

LESCANO, C.H.; *et al.* *Campomanesia adamantium* peel extract in antidiarrheal activity: the ability of inhibition of heat-stable enterotoxin by polyphenols. **Journal Pone**, 0165208, 2016. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0165208>

LIAAEN-JENSEN, S. Carotenoid antioxidant. In: KRINSKY, N. I.; MAYNE, S. T.; SIES, H. *Carotenoids in Healthy and Disease*. **Marcel Dekker**: New York, 2004.

LORENZI, H. *Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. 4. ed. **Nova Odessa: Instituto Plantarum**. 368p, 2002.

LORENZI, H. *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. **Nova Odessa: Plantarum**, 252 p, 1992.

LORENZI, H. *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil*, vol. 1/Harri Lorenzi. **Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum**, 2002.

LORENZI, H. *et al.* *Frutas Brasileiras e exóticas cultivadas: (de consumo in natura)*. ed. **Instituto Plantarum de Estudos da Flora**, São Paulo, Brazil, pp. 188, 2006.

LUBER J. *et al.* Flora do Espírito Santo: *Campomanesia* (Myrtaceae). **Rodriguésia** 68(5): 1767-1790, 2017. <https://doi.org/10.1590/2175-7860201768514>

MADALOSSO, R. C. *et al.* *Campomanesia lineatifolia* Ruiz & Pav. As gastroprotective agent. **Journal of ethnopharmacology**, v. 139, n. 3, p. 772-779, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2011.12.014>

MADHAVI, D. L.; KULKARNI, A. D.; SHINGHAL, R. S.; Technological Aspects of Food Antioxidants. In: MADHAVI, D. L.; DESHPANDE, S. S.; SALUNKHE, D. K. **Food antioxidants: techonological, toxicological and health perspectives**. New York: Marcel DeckerInc, p.160-180. 1996. <https://doi.org/10.1201/9781482273175>

MARKMAN, B.E.O.; BACCHI, E.M.; KATO, E.T.M. Antiulcerogenic effects of *Campomanesia xanthocarpa*. **Journal of Ethnopharmacology**, Lausanne, v. 94, n.1, p.55-57, 2004. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2004.04.025>

MARTELLO, M. D. *et al.* *Campomanesia adamantium* extract induces DNA damage, apoptosis, and affects cyclophosphamide metabolism. **Genet.Mol. Res**, v. 15, p. 1-11, 2016. <https://doi.org/10.4238/gmr.15027678>

MARTINELLI, Gustavo; MORAES, Miguel Avila. **Livro vermelho da flora do Brasil**. 2013.

MARTINS, N.; PETROPOULOS, S.; FERREIRA, I.C.F.R. Chemical composition and bioactive compounds of garlic (*Allium sativum* L.) as affected by pre- and post- harvest conditions: A review. **FoodChemistry**, v. 211, p.41-50, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.05.029>

MATTIETTO, R.A.; LOPES, A.S.E.; MENEZES, H.C. Caracterização física e físico-química dos frutos da cajazeira (*Spondias mombin* L.) e de duas polpas obtidas por dois tipos de extrator. **Brazilian Journal of Food Tehnology**, Campinas, v.13, p.156–164, 2010. <https://doi.org/10.4260/BJFT2010130300021>

MENDONÇA, R. C., *et al.* Flora Vascular do Cerrado. Pp. 289-556. In: S. M. Sano & S. P. Almeida (eds). Cerrado: ambiente e flora. **Planaltina, EMBRAPA-CPAC**, 1998.

MESQUITA, G. F.; TORQUILHO, H. S. O uso dos carotenóides para promoção da saúde. **Revista Eletrônica Perspectivas da Ciência e Tecnologia**-ISSN: 1984-5693, v. 8, n. 2, p. 1, 2017.

MICHEL, Marcela C.P. *et al.* Extratos das folhas de *Campomanesia velutina* inibe a produção de mediadores inflamatórios induzidos por LPS / INF- $\gamma$  em J774A. 1 células e exerce efeitos anti-inflamatórios e antinociceptivos *in vivo*. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 23, n. 6, p. 927-936, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0102-695X2013000600010>

MOLLAHOSSEINI, M. *et al.* The Association between Fruit and Vegetable Intake and Liver Enzymes (Aspartate and Alanine Transaminases) in Tehran, **Iran**. **Ethiopian journal of health sciences**, Jimma, v. 27, n. 4, p. 401-410, Jul. 2017. <https://doi.org/10.4314/ejhs.v27i4.11>

MORAES, M. Botânica Brasileira: Aplicada à Medicina às Artes e à Indústria. **Garnier, Rio de Janeiro**, p. 246, 1881.

MORAIS, S.M., *et al.* Atividade antioxidante de óleos essenciais de espécies de Croton do Nordeste do Brasil, **Quim. Nova**, 29: 907-910, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422006000500004>

MORZELLE, M.C.; BACHIEGA, P.; SOUZA, E.C.; BOAS, E.V.B.V.; LAMOUNIER, M.L. Caracterização química e física de frutos de curriola, gabioba e murici provenientes do Cerrado Brasileiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.37, n.1, p.96-103, 2015. <https://doi.org/10.1590/0100-2945-036/14>

MUNEKATA, P.E.S., FRANCO, D., TRINDADE, M.A., & LORENZO, J.M. Characterization of phenolic composition in chestnut leaves and beer residue by LC-DAD-ESI-MS. **LWT- Food Science and Technology**, 68, 52-58, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.11.017>

MUÑOZ, William *et al.* Extracción de compuestos fenólicos com actividad antioxidante a partir de Champa (*Campomanesia lineatifolia*). **Revista CENIC. Ciencias Químicas**, v. 46, p. 38-46, 2015.

NAKATANI, Nobuji. Natural antioxidants from spices. In: **ACS symposium series (USA)**. 1992. <https://doi.org/10.1021/bk-1992-0507.ch006>

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

NIJVELDT, R. J. *et al.* Flavonoids: a review of probable mechanisms of action and potential applications. **The American journal of clinical nutrition**, v. 74, n. 4, p. 418-425, 2001. <https://doi.org/10.1093/ajcn/74.4.418>

NUCCI, Mateus; ALVES-JUNIOR, Valter Vieira. Biologia floral e sistema reprodutivo de *Campomanesia adamantium* (Cambess.) o. Berg-*Myrtaceae* em área de cerrado no sul do Mato Grosso do Sul, Brasil. **Interciencia**, v. 42, n. 2, p. 127-131, 2017.

OLIVEIRA, V.B.; YAMADA, L.T.; FAGG, C.W.; BRANDÃO, M.G.L. Native foods from Brazilian biodiversity as a source of bioactive compounds. **Food Research International**, Barking, v.48, p.170–179, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.03.011>

OLIVEIRA-FILHO, Ary T.; FONTES, Marco Aurélio L. Patterns of floristic differentiation among Atlantic Forests in Southeastern Brazil and the influence of climate 1. **Biotropica**, v. 32, n. 4b, p. 793-810, 2000. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2000.tb00619.x>

OSORIO, Coraliet al. Characterization of odor-active volatiles in Champa (*Campomanesia lineatifolia* R. & P.). **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 54, n. 2, p. 509-516, 2006. <https://doi.org/10.1021/jf052098c>

OTALVARO-ALVAREZ, Ángela María et al. Microwave extraction of champa (*Campomanesia lineatifolia* Ruiz & Pav.) fruit: alternative to obtain natural antioxidants. **ActaAgron**, Palmira, v. 67, n. 1, p. 53-58, 2018. <https://doi.org/10.15446/acag.v67n1.61367>

PARK, Y. S. et al. In vitro antioxidative and binding properties of phenolics in traditional, citrus and exotic fruits. **Food Research International**, Ottawa, v. 74, p. 37-47, Aug. 2015. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.04.021>

PASCOAL, A.C.R.F. et al. Free radical scavenging activity, determination of phenolic compounds and HPLC-DAD/ESI-MS profile of *Campomanesia adamantium* leaves. **Natural Product Communications**, vol. 6, no. 7, pp. 969–972, 2011. <https://doi.org/10.1177/1934578X1100600711>

PASCOAL, A.C.R.F.; EHRENFRIED, C. A.; LOPEZ, B.G.; ARAUJO, T.M.; PASCOAL, V.D.B.; GILIOLI, R.; et al. Antiproliferative activity and induction of apoptosis in PC-3 cells by the chalconecardamonin from *Campomanesia adamantium* (*Myrtaceae*) in a bioactivity-guided study. **Molecules**, 19, 1843-1855, 2014. <https://doi.org/10.3390/molecules19021843>

PAVAN, F.R. et al. Evaluation of anti-*Mycobacterium tuberculosis* activity of *Campomanesia adamantium* (*Myrtaceae*). **Quím. Nova**.32, 1222–1226, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422009000500026>

PEREIRA, R. B. **Avaliação da atividade antioxidante de sementes de frutas cítricas**. 1996. 90 f. 1996. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado)-Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. Literature data may underestimate the actual antioxidant capacity of cereals. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, n. 12, p. 5036-5040, 2005. <https://doi.org/10.1021/jf050049u>

PISOSCHI, A. M.; POP, A. The role of antioxidants in the chemistry of oxidative stress: A review. **European journal of medicinal chemistry**, v. 97, p. 55-74, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2015.04.040>

POMPELLA, A. Biochemistry and histochemistry of oxidant stress and lipid peroxidation. International journal for vitamin and nutrition research. Internationale Zeitschrift für Vitamin-und Ernährungs for schung. **Journal international de vitaminologie et de nutrition**, v. 67, n. 5, p. 289-297, 1997.

POULSEN, H.E., PRIEME, H., LOFT, S. Role of oxidative DNA damage in cancer initiation and promotion. **European Journal of Cancer Prevention**, Oxford, v.7, n.1, p.9-16, 1998.

PRADEEP, P. M.; SREERAMA, Y. N. Impact of processing on the phenolic profiles of small millets: Evaluation of their antioxidant and enzyme inhibitory properties associated with hyperglycemia. **Food Chemistry**, v.169, p. 455–463, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.08.010>

PRASAD, A. S. *et al.* Zinc supplementation decreases incidence of infections in the elderly: effect of zinc on generation of cytokines and oxidative stress. *Am J Clin Nutr.*, v. 85, n.3, p. 837-44, 2007. <https://doi.org/10.1093/ajcn/85.3.837>

PRATT, D. E.; BIRAC, P. M. Source of antioxidant activity of soybeans and soy products. **Journal of Food Science**, v. 44, n. 6, p. 1720-1722, 1979. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1979.tb09125.x>

RAJALAKSHMI, D.; NARASIMHAN, S. Food antioxidants: sources and methods of evaluation. **FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY-NEW YORK-MARCEL DEKKER-**, p. 65-158, 1995.

RAMALHO, V.C.; JORGE, N. Antioxidantes utilizados em óleos, gorduras e alimentos gordurosos. **Química nova**, p. 755-760, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422006000400023>

RAMOS, B. B. *et al.* **Obtenção de extratos hexânico e metanólico das folhas de *Campomanesia sessiliflora*: caracterização físico-química e perfil antimicrobiano.** 2017.

RIBEIRO, P.H.S.; SANTOS, M.L.; CAMARA, C.A.G.; BORN, F.S. e FAGG, C.W. Composições químicas sazonais dos óleos essenciais de duas espécies de *Eugenia* e suas propriedades acaricidas. **Química Nova**, vol. 39, n. 1, pp. 38-43, 2016.

RICE-EVANS, C. A.; MILLER, N. J. Antioxidant activities of flavonoids as bioactive components of food. **Biochemical Society Transactions**, v. 24, n. 3, p. 790-795, 1996. <https://doi.org/10.1042/bst0240790>

RIDNOUR, Lisa A. *et al.* Nitric oxide regulates angiogenesis through a functional switch involving thrombospondin-1. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 102, n. 37, p. 13147-13152, 2005. <https://doi.org/10.1073/pnas.0502979102>

ROCHA WS, LOPES RM, SILVA DB, VIEIRA RF, SILVA JP & AGOSTINI-COSTA TS. Compostos fenólicos totais e taninos condensados em frutas nativas do cerrado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 33:1215- 1221, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452011000400021>

ROCHA, E.O. **Avaliação dos constituintes fenólicos e voláteis, atividade antioxidante e antimicrobiana de *Campomanesia pubescens* O. Berg (Gabirola)**. Dissertação (Mestrado em Química) – Instituto de Química, Universidade Federal de Uberlândia, 80f.,2011.

ROCHA, M.S.; FIGUEIREDO, R.W.; ARAÚJO, M.A.M.E MOREIRA-ARAÚJO, R.S.R. Caracterização físico-química e atividade antioxidante (*in vitro*) de frutos do Cerrado piauiense. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.35, n.4, p.933-941, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452013000400003>

RODRIGUES, V.E.G.; CARVALHO, D.A. Levantamento etnobotânico de plantas medicinais no domínio cerrado na região do Alto Rio Grande, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.25, n.1, p. 102-103, jan./fev.2001.

ROY, P., KULKARNI, A.P. Oxidation of ascorbic acid by lipoxygenase: effect of selected chemicals. **Food Chemical Toxicology**, Oxford, v.34, n.6, p.563-570, 1996. [https://doi.org/10.1016/0278-6915\(96\)00013-0](https://doi.org/10.1016/0278-6915(96)00013-0)

RUFINO, M.S.M.; ALVES, R.E.; BRITO, E.S.; JIMÉNEZ, J.P.; CALIXTO, F.S.E FILHO, J.M. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, London, v.121, p.996–1022, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.01.037>

SALARITABAR, Ali *et al.* Therapeutic potential of flavonoids in inflammatory bowel disease: A comprehensive review. **World journal of gastroenterology**, v. 23, n. 28, p. 5097, 2017. <https://doi.org/10.3748/wjg.v23.i28.5097>



SANO, E.E. *et al.* Mapeamento semidetalhado do uso da terra do Bioma Cerrado. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 43, n. 1, p. 153-156, 2008.

<https://doi.org/10.1590/S0100-204X2008000100020>

SANTOS, M. S.; LIMA, J. J.; PETKOWICZ, C. L. O.; CANDIDO, L. M. B. Chemical characterization and evaluation of the antioxidant potential of gabioba jam (*Campomanesia xanthocarpa* Berg). **Acta Scientiarum**. v. 35, n. 1, p. 73-82, 2013.

<https://doi.org/10.4025/actasciagron.v35i1.14389>

SARDI, Janaina de Cássia Orlandiet *al.* Unexplored endemic fruit species from Brazil: Antibiofilm properties, insights into mode of action, and systemic toxicity of four *Eugenia* spp. **Microbial pathogenesis**, v. 105, p. 280-287, 2017.

<https://doi.org/10.1016/j.micpath.2017.02.044>

SCHIEBER, A.; CARLE, R. Occurrence of carotenoid cis-isomers in food: technological, analytical, and nutritional implications. **Trends in Food Science & Technology**, v. 16, n. 9, p. 416-422, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2005.03.018>

SCHMEDA-HIRSCHMANN, G. Flavonoids from calycorectes, *Campomanesia*, *Eugenia* and *hexachlamys* species. **Fitoterapia**, v. 66, n. 4, p. 373-374, 1995.

SCHNEIDER, C.D.; OLIVEIRA, A.R. Radicais livres de oxigênio e exercício: mecanismos de formação e adaptação ao treinamento físico. **Rev Bras Med Esporte**, v.10, n.4, p.308-313, 2004. <https://doi.org/10.1590/S1517-86922004000400008>

SHAHIDI, Fereidoon (Ed.). Natural antioxidants: chemistry, health effects, and applications. **The American Oil Chemists Society**, 1997.

SHAHIDI, F.; NACZK, M. Phenolics in food and nutraceuticals. 2. ed. **Boca Raton: CRCpress**, 576 p., 2003. <https://doi.org/10.1201/9780203508732>

SHAHIDI, F.; AMBIGAIPALAN, P. Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects—A review. **Journal of function al foods**, v. 18, p. 820-897, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.06.018>

SIES, H. Strategies of antioxidant defence. Review. **European Journal of Biochemistry**, Berlin, v.215, n.2, p.213-219, 1993. <https://doi.org/10.1111/j.1432-1033.1993.tb18025.x>



SIES, H.; STAHL, W. Vitamins E and C, beta-carotene, and other carotenoids as antioxidants. **The American journal of clinical nutrition**, v. 62, n. 6, p. 1315S-1321S, 1995. <https://doi.org/10.1093/ajcn/62.6.1315S>

SILVA, M.L.C. *et al.* Compostos fenólicos, carotenoides e atividade antioxidante em produtos vegetais. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, n. 3, p. 669-682, 2010. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2010v31n3p669>

SITI, H. N.; KAMISAH, Y.; KAMSAH, J. The role of oxidative stress, antioxidants and vascular inflammation in cardiovascular disease (a review). **Vascular Pharmacology**, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.vph.2015.03.005>

SOBRAL, M. *et al.* *Myrtaceae* in: Lista de Espécies da Flora do Brasil. **Jardim Botânico do Rio de Janeiro**, 2015.

SOUZA, V. R. *et al.* Determination of bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Cerrado Brazilian fruits. **Food Chemistry**, Barking, v. 134, n. 1, p. 381–386, Set. 2012. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.02.191>

SOUZA, Vinicius Castro; LORENZI, Harri. Botânica Sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de Fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG III. 2012.

SOUZA, Michele Trombin; SOUZA, Mireli Trombin; PANOBIANCO, Maristela. Morphological characterization of fruit, seed and seedling, and seed germination test of *Campomanesia guazumifolia*. **Journal of Seed Science**, v. 40, n. 1, p. 75-81, 2018. <https://doi.org/10.1590/2317-1545v40n1186143>

SOUZA-MOREIRA, T. M. *et al.* Antidiarrheal activity of *Campomanesia xanthocarpa* fruit. **Journal of medicinal food**, v. 14, n. 5, p. 528-531, 2011. <https://doi.org/10.1089/jmf.2009.0278>

STAHL, W.; SIES, H. Antioxidant defense: vitamins E and C and carotenoids. **Diabetes**, v. 46, n. Supplement 2, p. S14-S18, 1997. <https://doi.org/10.2337/diab.46.2.S14>

TÉLLEZ, C.; ESNAIDER, G.; NIETO GÓMEZ, K. V. Evaluación de La capacidad antifúngica de extracto de champa sobre *Botrytis cinerea* y *Rhizopus stolonifer* en mora (*Rubus glaucus*). 2017.

THEODOLUZ, Cristina *et al.* Xanthine oxidase inhibitory activity of Paraguayan *Myrtaceae*. **Journal of ethnopharmacology**, v. 24, n. 2-3, p. 179-183, 1988. [https://doi.org/10.1016/0378-8741\(88\)90149-3](https://doi.org/10.1016/0378-8741(88)90149-3)

TROPICOS.*Campomanesia pubescens*. Acesso em <<http://www.tropicos.org/>>, 2016.

VALKO, Marian *et al.* Role of oxygen radicals in DNA damage and cancer incidence. **Molecular and cellular biochemistry**, v. 266, n. 1-2, p. 37-56, 2004. <https://doi.org/10.1023/B:MCBI.0000049134.69131.89>

VALKO, M. *et al.* Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease. **The International Journal of Biochemistry & Cell Biology**, 39, 44-84, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.biocel.2006.07.001>

VALLILO, M.I. *et al.* Chemical composition of *Campomanesia adamantium* (Cambessédes) O. Berg'fruits. **Food Science and Technology**, v. 26, n. 4, p. 805-810, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612006000400015>

VANISREE, M.; TSAY, H. S. Plant cell cultures – an alternative and efficient source for the production of biologically important secondary metabolites. **International Journal of Applied Science and Engineering**. v. 2, n. 1, p. 29-48, 2004.

VASCONCELOS, T.B. *et al.* Radicais Livres e Antioxidantes: Proteção ou Perigo?. **Journal of Health Sciences**, v. 16, n. 3, 2015.

VINAGRE, Anapaula Sommer *et al.* Anti-diabetic effects of *Campomanesia xanthocarpa* (Berg) leaf decoction. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 46, n. 2, p. 169-177, 2010. <https://doi.org/10.1590/S1984-82502010000200002>

VISCARDI, Danieli Z. *et al.* Anti-inflammatory, and antinociceptive effects of *Campomanesia adamantium* microencapsulated pulp. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 27, n. 2, p. 220-227, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.bjp.2016.09.007>

VOLP, A. C. P. *et al.* Flavonoides antocianinas: características e propriedades na nutrição e saúde. **Revista Brasileira Nutr.Cin.** v. 23, n. 3, p.141-149, 2008.

WANG, L.; STONER, G.D. Anthocyanins and their role in cancer prevention. **Cancer letters**, v. 269, n. 2, p. 281-290, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.canlet.2008.05.020>

WANG, S.Y.; JIAO,H. Scavenging capacity of berry crops on superoxideradicals, hydrogen peroxide, hydroxyl radicals, and singlet oxygen. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, n. 11, p. 5677-5684, 2000. <https://doi.org/10.1021/jf000766i>

WEIJL, N.I., CLETON, F.J., OSANTO, S. Free radicals and antioxidants in chemotherapy-induced toxicity. **Cancer Treatment Reviews**, London, v.23, n.4, p.209- 240, 1997.  
[https://doi.org/10.1016/S0305-7372\(97\)90012-8](https://doi.org/10.1016/S0305-7372(97)90012-8)

WILLIAMSON, G.; FAULKNER, K.; PLUMB, G. W. Glucosinolates and phenolics as antioxidants from plant foods. **European journal of cancer prevention: the official journal of the European Cancer Prevention Organisation (ECP)**, v. 7, n. 1, p. 17-21, 1998.

WILSON, P.G. *Myrtaceae*. In: KUBITZKI, K. (ed.). Flowering plants. Eudicots: The families and genera of vascular plants. v. 10. **Springer, Berlin, Heidelberg**, pp. 212-271, 2011.  
[https://doi.org/10.1007/978-3-642-14397-7\\_14](https://doi.org/10.1007/978-3-642-14397-7_14)

WILSON, Peter G. *et al.* Relationships within *Myrtaceae* sensulato based on a matK phylogeny. **Plant Systematics and Evolution**, v. 251, n. 1, p. 3-19, 2005.  
<https://doi.org/10.1007/s00606-004-0162-y>

WINK, M. Secondary Metabolites, the Role in Plant Diversification. Academic press: **Encyclopedia of Evolutionary Biology**. Ed. 1, 2132p, 2016.  
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800049-6.00263-8>

WITZUM, J.L. The oxidativehypothesis of atherosclerosis. **Lancet**, London, v.344, n.8926, p.793-795, 1994. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(94\)92346-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(94)92346-9)

WÜRTZEN, G. Shortcomings of current strategy for toxicity testing of food chemicals: antioxidants. **Food and chemical toxicology: an international journal published for the British Industrial Biological Research Association**, v. 28, n. 11, p. 743-745, 1990.  
[https://doi.org/10.1016/0278-6915\(90\)90070-4](https://doi.org/10.1016/0278-6915(90)90070-4)

XIONG, L.; YANG, J.; JIANG, Y.; LU, B.; HU, Y.; ZHOU, F.; MAO, S.; SHEN, C.; Phenolic compounds and antioxidant capacities of 10 common edible flowers from China. **Journal of Food Science, Medford**, v. 79, n. 4, p. 517-25, Marc. 2014.  
<https://doi.org/10.1111/1750-3841.12404>

YANISHLIEVA, Nedyalka V.; MARINOVA, Emma; POKORNÝ, Jan. Natural antioxidants from herbs and spices. **European Journal of lipid science and Technology**, v. 108, n. 9, p. 776-793, 2006. <https://doi.org/10.1002/ejlt.200600127>

YEMMEN, M. *et al.* Antioxidant activities, anticancer activity and polyphenolics profile, of leaf, fruit and stem extracts of *Pistacia lentiscus* from Tunisia. Cellular and molecular biology, **Noisy-le-Grand**, v. 63, n. 9, p. 87-95, Sep. 2017. <https://doi.org/10.14715/cmb/2017.63.9.16>

ZHANG, B. *et al.* Phenolic profiles of 20 Canadian lentil cultivars and their contribution to antioxidant activity and inhibitory effects on  $\alpha$ -glucosidase and pancreatic lipase. **Food Chemistry**, 172, 862–872, 2015a. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.09.144>

ZHANG, C. *et al.* Glucose supply improves petal coloration and anthocyanin biosynthesis in *Paeonia suffruticosa* ‘Luoyang Hong’ cut flowers. **Postharvest Biology and Technology**, 101, 73–81, 2015b. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2014.11.009>

ZUANAZZI, J. A. S.; MONTANHA, J. A. Flavonóides. In: SIMÕES, C. M. O. *et al.* (Org.). *Farmacognosia: da planta ao medicamento*. 5. ed. Porto Alegre / Florianópolis: Editora da UFRGS / Editora da UFSC, Cap. 23, p. 577-609, 2004.

## CAPÍTULO 2



**Estudo fitoquímico e avaliação do potencial antioxidante *in vitro* dos frutos de *Campomanesia* spp.**

**Phytochemical study and evaluation of the *in vitro* antioxidant potential of the fruits of *Campomanesia* spp.**

**Resumo**

O Cerrado possui biodiversidade de frutíferas nativas com fontes naturais de metabólitos secundários de interesse em estudos fitoquímicos. O objetivo do trabalho foi avaliar o potencial antioxidante, teor de compostos fenólicos, flavonoides, antocianinas e carotenoides totais no extrato aquoso dos frutos de *Campomanesia adamantium*, *C. guazumifolia*, *C. lineatifolia* e *C. sessiliflora* encontradas no Cerrado na Região do Alto Paranaíba - Minas Gerais. A atividade antioxidante foi avaliada pelos ensaios DPPH, ABTS e Fosfomolibdênio. Determinou-se o conteúdo de compostos fenólicos, flavonoides, antocianinas e carotenoides totais pelos métodos Folin-Ciocalteu, Lees e Francis (1972) e Lichtenthaler (1987), respectivamente. Na análise fitoquímica, *C. guazumifolia* apresentou maiores teores de fenólicos totais ( $2.953,42 \text{ mg} \pm 141,22 \text{ EAG } 100 \text{ g}^{-1}$ ), flavonoides ( $43,17 \pm 2,25 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ ), antocianinas ( $7,96 \pm 0,38 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ ), carotenoides ( $64,06 \pm 12,55 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ ), maior capacidade antioxidante pelo DPPH ( $568,3 \text{ mg EBHT } \text{g}^{-1}$ ) e ABTS ( $105,3 \text{ mg EBHT } \text{g}^{-1}$ ) evidenciando elevado potencial anti-radicalar *in vitro*. *C. adamantium* também expressou resultados significativos de fenólicos totais ( $1.547,44 \pm 79,49 \text{ mg EAG } \text{g}^{-1}$ ), flavonoides ( $36,63 \pm 0,17 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ ), antocianinas ( $1,74 \pm 0,10 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ ), carotenoides ( $20,65 \pm 0,43 \text{ mg } \text{g}^{-1}$ ), DPPH ( $49,1 \text{ mg EBHT } \text{g}^{-1}$ ), ABTS ( $83,7 \text{ mg EBHT } \text{g}^{-1}$ ) e fosfomolibdênio ( $105,1 \text{ mg EBHT } \text{g}^{-1}$ ). *C. lineatifolia* destacou-se com maior capacidade redutora do fosfomolibdênio ( $195,7 \text{ mg EBHT } \text{g}^{-1}$  amostra). Os resultados apresentados para os extratos de *C. guazumifolia* e *C. adamantium* demonstram um importante perfil fitoquímico sugerindo potencial promissor para atividade antioxidante podendo essas espécies serem utilizadas na prevenção e tratamento de patologias ocasionadas pelo estresse oxidativo.

**Palavras-chave:** Metabólitos secundários. Radicais livres. Gabiroba. Compostos bioativos.

**Abstract**

The Cerrado has biodiversity of native fruits with natural sources of secondary metabolites of interest in phytochemical studies. The objective of this work was to evaluate the antioxidant potential, content of phenolic compounds, flavonoids, anthocyanins and total carotenoids in the aqueous extract of the fruits of *Campomanesia adamantium*, *C. guazumifolia*, *C. lineatifolia* and *C. sessiliflora* found in the Cerrado in the Alto Paranaíba Region - Minas Gerais. The antioxidant activity was evaluated by the DPPH, ABTS and Phosphomolybdenum tests. The content of phenolic compounds, flavonoids, anthocyanins and total carotenoids was determined by the Folin-Ciocalteu, Lees and Francis (1972) and Lichtenthaler (1987) methods, respectively. In phytochemical analysis, *C. guazumifolia* showed higher levels of total phenolics ( $2,953.42 \text{ mg} \pm 141.22 \text{ EAG } 100 \text{ g}^{-1}$ ), flavonoids ( $43.17 \pm 2.25 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ ), anthocyanins ( $7.96 \pm 0.38 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ ), carotenoids ( $64.06 \pm 12.55 \text{ mg } \text{g}^{-1}$ ), greater antioxidant capacity by DPPH ( $568.3 \text{ mg EBHT}$

$\text{g}^{-1}$ ) and ABTS (105.3 mg EBHT  $\text{g}^{-1}$ ) showing high anti-radical potential *in vitro*. *C. adamantium* also expressed significant results for total phenolics ( $1,547.44 \pm 79.49 \text{ mg EAG g}^{-1}$ ), flavonoids ( $36.63 \pm 0.17 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ ), anthocyanins ( $1.74 \pm 0.10 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ ), carotenoids ( $20.65 \pm 0.43 \text{ mg g}^{-1}$ ), DPPH (49.1 mg EBHT  $\text{g}^{-1}$ ), ABTS (83.7 mg EBHT  $\text{g}^{-1}$ ) and phosphomolybdenum (105, 1 mg EBHT  $\text{g}^{-1}$ ). *C. lineatifolia* stood out with the greatest phosphomolybdenum reducing capacity (195.7 mg EBHT  $\text{g}^{-1}$  sample). The results presented for the extracts of *C. guazumifolia* and *C. adamantium* demonstrate an important phytochemical profile suggesting a promising potential for antioxidant activity and these species can be used in the prevention and treatment of pathologies caused by oxidative stress.

**Keywords:** Secondary metabolites. Free radicals. Gabiroba. Bioactive compounds.

## 1. INTRODUÇÃO

As plantas medicinais vêm sendo utilizadas de forma terapêutica há vários anos como base para uma nova perspectiva de tratamento e uso medicinal fortalecendo o uso de fitoterápicos em diversas patologias [1]. Mesmo com a crescente evolução da indústria farmacêutica, uma diversidade de espécies vegetais tem sido investigada devido às suas propriedades antioxidantes que estão implicadas no mecanismo de prevenção e tratamento de vários distúrbios e condições patológicas. Esses agentes antioxidantes de origem natural, na forma de extrato bruto ou derivados químicos, são considerados eficazes na prevenção de processos de degradação decorrentes do estresse oxidativo [2].

Observa-se que as alterações danosas induzidas pelo estresse oxidativo nas células e tecidos têm sido a base etiológica de várias patologias degenerativas como a aterosclerose, cardiopatias, doenças pulmonares, diabetes, artrite, inflamações crônicas, bem como o câncer [3-6]. Diante de todas essas alterações provocadas pelos radicais livres, a utilização de substâncias antioxidante natural vem ganhando espaço nas terapias consolidadas para estas condições patológicas, proporcionando um equilíbrio entre as espécies reativas de oxigênio e a capacidade antioxidante promovendo a manutenção da homeostase [7].

Assim, a utilização de plantas medicinais com conteúdos expressivos de antioxidantes, tem sido proposta com finalidade profilática, curativa ou paliativa para diversas patologias degenerativas tornando-se assunto de grandes pesquisas e estudos sobre o conteúdo dos principais antioxidantes e sua atividade antioxidante [8-9].

O Cerrado se destaca como um dos Biomas mais importantes do Brasil diante de sua biodiversidade vegetal contribuindo para a investigação de vários compostos bioativos de origem vegetal com potencial valor explorativo, principalmente na área medicinal [10].

Considerando este cenário, as espécies *C. adamantium*, *C. guazumifolia*, *C. lineatifolia* e *C. sessiliflora* são habitualmente encontradas no Cerrado da Região do Alto Paranaíba no estado de Minas Gerais (MG) e são utilizadas popularmente devido aos seus efeitos biológicos diversificados como atividade antimicrobiana, antiproliferativa, anti-mutagênica, anti-inflamatórias, antidepressivas, anti-hiperalgésicas e antidiarreicas [11-13].

A gabirobeira, pertencente à família *Myrtaceae*, é uma planta de larga distribuição no Bioma Cerrado com frutos arredondados, de coloração amarelo-esverdeada, compostos por casca fina e polpa esbranquiçada envolvendo diversas sementes [14-16]. Suas folhas, frutos, raízes e caules são usados na medicina popular no combate a desordens do trato urinário, diarreias, resfriados, além de possuírem potencial para produtos fotoprotetores, multifuncionais e demais atividades terapêuticas em diversas áreas da medicina [17-18].

Assim, com o objetivo de investigar o potencial fitoterápico dessas espécies de ocorrência no Cerrado da Região do Alto Paranaíba - MG e comprovar a atividade desses compostos bioativos, amparando o uso renovável desses recursos, o presente estudo realizou a análise da composição fitoquímica de metabólitos secundários e avaliou a atividade antioxidante de extratos obtidos dos

frutos de quatro espécies de gabioba (*C. adamantium*, *C. guazumifolia*, *C. lineatifolia* e *C. sessiliflora*).

## 2. MATERIAL EMÉTODOS

### 2.1 Coleta, identificação e obtenção das plantas e frutos

Utilizou-se no trabalho as espécies *C. adamantium*, *C. guazumifolia*, *C. lineatifolia* e *C. sessiliflora* pertencentes à família *Myrtaceae*. As plantas foram coletadas em áreas onde o tipo fisionômico predominante é o Cerrado na região do Alto Paranaíba, no Estado de Minas Gerais - Brasil. Os exemplares da espécie *C. adamantium* foram coletados na região do Aragão no município de Patos de Minas (latitude 18°40'26,5''S e longitude 46°27'00,9''W). Os exemplares da espécie *C. guazumifolia* e *C. lineatifolia* foram coletados em um Sítio no município de Guimarães (latitude 18°50'13,20''S e longitude 46°47'4,40''W) e os da espécie *C. sessiliflora* foram coletados na região de Monjolinho no município de Lagoa Formosa (latitude 18°46'15''S e longitude 46°14'50''W) e também no município de Patos de Minas (latitude 18°38'3,40''S e longitude 46°33'7,40''W).

As amostras foram coletadas nos meses de setembro de 2018 a março de 2019 sob a supervisão da Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Terezinha Aparecida Teixeira, do agrônomo Marcelo Pereira de Ávila e do colecionador de plantas, Hélio Caixeta Tibúrcio. Foram coletados frutos maduros com a coloração da casca variando do verde, amarelo ao laranja, conforme cada espécie. Para Santos *et al.*[19] esses frutos maduros apresentam maior teor de compostos bioativos.

Após a coleta dos vegetais, as exsiccatas foram devidamente identificadas, confeccionadas e depositadas no Herbário da Universidade Federal de Uberlândia (Minas Gerais, Brasil) com seus respectivos números de registro (Tabela 1).

**Tabela 1.** Espécies de *Campomanesia* spp. testadas e respectivos números de registro das exsiccatas.

| Nome Científico                  | Nome popular         | Número de Registro |
|----------------------------------|----------------------|--------------------|
| <i>Campomanesia adamantium</i>   | Guabioba, guavira    | HUFU 77287         |
| <i>Campomanesia sessiliflora</i> | Guabirobeira-verde   | HUFU 67511         |
| <i>Campomanesia sessiliflora</i> | Guabirobeira-verde   | HUFU 67512         |
| <i>Campomanesia lineatifolia</i> | Guabirabeira, champa | Em andamento       |
| <i>Campomanesia guazumifolia</i> | Sete capote          | HUFU 79558         |

Os frutos coletados, após a seleção dos que não apresentaram injúrias, foram lavados em água corrente para a remoção das impurezas e armazenados no ultrafreezer (Coldlab®, Piracicaba, SP, Brazil) a -80°C até o momento da utilização.

Para a obtenção dos extratos brutos, os frutos foram retirados do ultrafreezer e colocados rapidamente para dessecar em liofilizador (modelo Liotop® /L101, São Carlos, SP, Brasil) por um período de 72 horas. Em seguida, foram armazenados em ambiente protegido de luz para serem submetidos posteriormente ao processo de trituração e extração dos metabólitos secundários.

O estado de pó fino dos frutos foi obtido através do processo de trituração em almofariz com pistilo e auxílio de nitrogênio líquido. A trituração foi realizada de forma exaustiva na tentativa de garantir o esgotamento de todos os componentes extraíveis pelos solventes. Os extratos utilizados em cada experimento foram obtidos a partir do extrato bruto de cada espécie conforme a metodologia estabelecida em cada ensaio.

## 2.2 Análises dos metabólitos secundários e das atividades antioxidantes

### 2.2.1 Determinação dos compostos fenólicos totais

O teor de compostos fenólicos foi determinado por meio do reagente Folin-Ciocalteu (10%) de acordo com o procedimento descrito por Singleton e Rossi [20] com modificações. Foram adicionados 0,25g das amostras pulverizadas dos frutos de gabioba a 1,0 mL de água destilada para a obtenção do extrato aquoso 5,0 mg mL<sup>-1</sup>. Após a filtração em funil de separação, 0,50 mL dos extratos aquosos dos frutos de gabioba (5,0 mg mL<sup>-1</sup>) foram misturados com 2,5 mL de 0,2 mol L<sup>-1</sup> do reagente Folin-Ciocalteu. Em seguida, foram adicionados à mistura reacional 2 mL de solução saturada de carbonato de sódio (75 g L<sup>-1</sup>)/ NaCO<sub>3</sub> (7,5%). As leituras foram realizadas no espectrofotômetro Gehaka® (modelo UV- 340 G) no comprimento de onda ( $\lambda$ ) de 760 nm após a incubação da mistura reacional durante 2 horas à temperatura ambiente, na ausência de luz. O ácido gálico foi utilizado como padrão de referência e uma curva analítica foi elaborada nas concentrações de 250; 125; 62,5, 31,25 e 16,125 µg mL<sup>-1</sup>. O teor de fenólicos foi determinado por comparação com a curva de calibração padrão e os resultados foram expressos em miligramas de equivalente de ácido gálico (mg EAG) por 100 gramas do fruto sendo as análises realizadas em triplicata.

### 2.2.2 Determinação do teor de flavonoides totais

O conteúdo total de flavonoides dos extratos dos frutos de gabioba foi determinado pelo método quantitativo de espectrofotometria descrito por Lees e Francis [21] com algumas modificações. Uma alíquota de 0,25 g das amostras pulverizadas dos frutos de gabioba foi adicionada a 5,0 mL da solução extratora de etanol 95%: HCl 1,5 mol/L (85:15) v/v para obtenção da concentração 50.000 µg mL<sup>-1</sup>. Após a filtração em funil de separação, as amostras obtidas foram homogeneizadas e estocadas a 4°C por 24 horas (*overnight*). Após este período, as amostras foram filtradas e as absorbâncias medidas em espectrofotômetro Gehaka® (modelo UV- 340 G) no comprimento de onda ( $\lambda$ ) de 374 nm utilizando solução extratora como branco. Todas as análises foram realizadas em triplicata e os resultados foram expressos em miligramas 100 g<sup>-1</sup> do extrato calculados pela fórmula:

FTT = Absorbância Máxima x Fator de Diluição/ E

FTT = Flavonoides totais

E = 98,2 (Coeficiente de extinção molar)

### 2.2.3 Determinação do teor de antocianinas totais

Para a determinação quantitativa do conteúdo total de antocianinas dos frutos de gabioba, também foi utilizado o método espectrofotométrico descrito por Lees e Francis [21] com algumas modificações. Foram pesadas 0,25 g das amostras pulverizadas de cada espécie e adicionadas a 5,0 mL da solução extratora de etanol 95%: HCl 1,5 mol/L (85:15) v/v para obtenção da concentração de 50.000 µg mL<sup>-1</sup>. Após a filtração em funil de separação, as amostras dos extratos foram homogeneizadas e armazenadas a 4°C por 24 h (*overnight*). Após este período, o material foi filtrado e as absorbâncias medidas em espectrofotômetro no comprimento de onda ( $\lambda$ ) de 535 nm utilizando solução extratora como branco. As análises foram realizadas em triplicata e os resultados foram expressos em miligramas 100 g<sup>-1</sup> da amostra, calculados a partir da seguinte equação:

AT = Absorbância Máxima x Fator de Diluição/ E

AT = Antocianinas totais



---

E = 98,2 (Coeficiente de extinção molar)

#### 2.2.4 Carotenoides Totais

O processo de extração dos carotenoides totais juntamente com as clorofilas a (Cl<sub>a</sub>) e b (Cl<sub>b</sub>) das amostras estocadas baseou-se no procedimento descrito por Lichthenthaler [22], com algumas modificações. Para a avaliação quantitativa do teor destes carotenoides e clorofilas nos frutos das espécies de *Campomanesia spp.*, o experimento foi realizado seguindo o delineamento constituído por 03 concentrações diferentes (50.000 µg mL<sup>-1</sup>, 5.000 µg mL<sup>-1</sup> e 500 µg mL<sup>-1</sup>) para a obtenção das soluções aquosas de cada unidade amostral. Para a concentração de 50.000 µg mL<sup>-1</sup>, foram pesados em uma balança Shimadzu®, modelo AUW 320, 0,25 g do pulverizado obtido dos frutos de cada espécie de gabioba adicionados a 5,0 mL de solução de acetona 80% v/v; para a concentração de 5.000 µg mL<sup>-1</sup>, foram utilizados 0,025 g do pulverizado adicionados a 5,0 mL de solução de acetona 80% v/v; e para a concentração de 500 µg mL<sup>-1</sup>, 0,0025 g dos frutos em pó adicionados a 5,0 mL de solução de acetona 80% v/v e estocadas a 4°C por 12 horas, protegidas com papel filme. Após esse procedimento, as soluções de cada amostra foram filtradas em funil de separação, de forma ordenada para cada unidade amostral, evitando a evaporação da acetona e assim, o comprometimento no resultado das análises realizadas. A leitura foi efetuada no espectrofotômetro Gehaka® (modelo UV- 340 G) nos comprimentos de onda (λ) 645, 652, 663 para as clorofilas a (Cl<sub>a</sub>) e b (Cl<sub>b</sub>), e 470 nm para os carotenoides. Para valor de branco utilizou-se leitura de acetona 80% v/v e para a obtenção das concentrações dos pigmentos fotossintéticos, utilizou-se as seguintes equações:

$$Cl_a = ((12,7 \times A_{663}) - (2,69 \times A_{645}) \times V) / 1000 \times M$$

$$Cl_b = (22,9 \times A_{645}) - (4,68 \times A_{663}) \times V) / 1000 \times M$$

$$\text{Carotenoides Totais (mg g}^{-1}\text{)} = ((1000 \times A_{470}) - (3,27 \times Cl_a) - (104 \times Cl_b)) / 229 \times 10^{-3} \times M$$

Sendo:

Cl<sub>a</sub>= Clorofila a

Cl<sub>b</sub>= Clorofila b

V= volume (mL)

M= massa (g)

#### 2.2.5 Método do sequestro dos radicais livres DPPH

A determinação da atividade antioxidante foi realizada de acordo com as metodologias de Lopes-Lutz *et al.* [23], seguidas de pequenas modificações. A capacidade antioxidante em sequestrar radicais livres foi avaliada utilizando-se o radical estável 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH<sup>•</sup>). Este radical reage com a substância antioxidante e é convertido a 2,2-difenil-1-picrilhidrazil, pela transferência de elétrons, perdendo a coloração púrpura característica [24]. A solução estoque dos extratos brutos (50.000 µg mL<sup>-1</sup>) foi preparada a partir da adição de 0,25 g da amostra pulverizada de cada espécie de gabioba a 5,0 mL de água destilada. Posteriormente à filtração em funil de separação, foram realizadas diluições seriadas a partir dessa solução estoque obtendo extratos aquosos nas concentrações 5.000 µg mL<sup>-1</sup>, 2.500 µg mL<sup>-1</sup>, 1.250 µg mL<sup>-1</sup>, 625 µg mL<sup>-1</sup> e 312,5 µg mL<sup>-1</sup>, respectivamente. Em seguida, uma solução etanólica de DPPH foi preparada na concentração de 40 µg mL<sup>-1</sup> e para a avaliação, 900 µL da solução de DPPH foram adicionados em tubos de ensaio, seguidos da adição de 100 µL de cada diluição do extrato aquoso dos frutos (312,5, 625, 1.250, 2.500, 5.000 e 50.000 µg mL<sup>-1</sup>). Em paralelo, o controle negativo foi preparado contendo todos os reagentes, exceto a solução aquosa dos frutos. Para a comparação das atividades antioxidantes, foi utilizado o padrão BHT (Hidroxitolueno butilado) nas concentrações (31,25,

62,50, 125, 250, 500 e 1.000  $\mu\text{g mL}^{-1}$ ). Após 01 hora de incubação a temperatura ambiente e na ausência de luminosidade, as leituras das absorbâncias foram realizadas no espectrofotômetro Gehaka® (modelo UV- 340 G) no comprimento de onda ( $\lambda$ ) de 517 nm. Leituras realizadas em triplicata. Em seguida, os valores encontrados para as absorbâncias foram convertidos em porcentagem de atividade antioxidante (AA%) a partir da seguinte equação:

$$\text{AA\%} = [ (A_{\text{CN}} - A_{\text{Amo}}) / A_{\text{CN}} ] * 100$$

Em que:

$A_{\text{Amo}}$  = Absorbância do DPPH com a amostra.

$A_{\text{CN}}$  = Absorbância do DPPH com o metanol.

Os valores de atividade antioxidante dos extratos foram comparados com o padrão BHT nas seguintes concentrações (04, 13, 36, 111, 333, 1.000, 5.000  $\mu\text{g mL}^{-1}$ ). Os resultados de absorbância foram convertidos em porcentagem de atividade antioxidante (AA%).

A capacidade antioxidante equivalente ao BHT ( $\text{mg}$  equivalente de BHT  $\text{g}^{-1}$  de amostra) será determinada por meio da equação de regressão.

### 2.2.6 Método do sequestro dos radicais livres ABTS

A capacidade de capturar o radical livre ( $\text{ABTS}^{++}$ ) formado pelos extratos aquosos das espécies de gabioba foi determinada através de reação química com ABTS (2,2-azinobis-[3-etil-benzotiazolin-6-ácido sulfônico]) e persulfato de potássio, conforme Re *et al.* [25]. Solução do radical ABTS – Em um Erlenmeyer foram adicionados concomitantemente 10,0 mL da solução do reagente ABTS a 7,0  $\text{mmol L}^{-1}$  (0,038g de ABTS em 10 mL de água destilada) e 10 mL da solução de persulfato de potássio a 2,45  $\text{mmol L}^{-1}$  (0,0662 g em 100 mL de água destilada). Esta solução permaneceu em repouso, ao abrigo de luz, por 16 horas a temperatura ambiente. A solução estoque dos extratos brutos (50.000  $\mu\text{g mL}^{-1}$ ) foi preparada a partir da adição de 0,25 g do pulverizado dos frutos de gabioba a 5,0 mL de água destilada. Posteriormente à filtração em funil de separação, foram realizadas diluições seriadas a partir dessa solução estoque obtendo extratos aquosos nas concentrações 5.000  $\mu\text{g mL}^{-1}$ , 2.500  $\mu\text{g mL}^{-1}$ , 1.250  $\mu\text{g mL}^{-1}$ , 625  $\mu\text{g mL}^{-1}$  e 312,5  $\mu\text{g mL}^{-1}$ , respectivamente. Para o ensaio, 20  $\mu\text{L}$  dos extratos aquosos das unidades amostrais diluídos nas concentrações (312,5; 625; 1.250; 2.500; 5.000 e 50.000  $\mu\text{g mL}^{-1}$ ) foram adicionados a 980  $\mu\text{L}$  da solução do radical  $\text{ABTS}^{++}$ . A absorbância foi monitorizada espectrofotometricamente a 734 nm, durante 6 minutos. A absorção de uma amostra contendo a mesma quantidade de etanol e uma solução do radical  $\text{ABTS}^{++}$  foi utilizada como controle negativo, permanecendo dentro do intervalo 0,7 a 0,8 A. Para a comparação das atividades antioxidantes, o padrão BHT foi avaliado em diversas concentrações (31,25, 62,5, 125, 250, 500 e 1.000  $\mu\text{g mL}^{-1}$ ). A porcentagem de inibição do radical  $\text{ABTS}^{++}$  pelas amostras foi calculada de acordo com a seguinte equação:

$$\% \text{ Inibição radical} = [ (A_{\text{CN}} - A_{\text{Am}}) / A_{\text{CN}} ] * 100$$

Em que:

$A_{\text{CN}}$  = Absorbância do controle negativo

$A_{\text{Am}}$  = Absorbância da amostra

### 2.2.7 Método de Redução pelo Complexo Fosfomolibdênio

Utilizou-se o método de redução do complexo fosfomolibdênio para determinar a capacidade antioxidante total das amostras analisadas. O molibdênio (Mo) VI, em meio ácido e na presença de um

agente redutor, é reduzido em molibdênio V formando um complexo de coloração verde fosfato/ Mo V. Para a obtenção dos extratos, a solução estoque dos extratos brutos ( $50.000 \mu\text{g mL}^{-1}$ ) foi preparada a partir da adição de 0,25 g da amostra pulverizada de cada espécie de gabioba a 5,0 mL de água destilada. Posteriormente à filtração em funil de separação, foram realizadas diluições seriadas a partir dessa solução estoque obtendo extratos aquosos nas concentrações  $5.000 \mu\text{g mL}^{-1}$ ,  $2.500 \mu\text{g mL}^{-1}$ ,  $1.250 \mu\text{g mL}^{-1}$ ,  $625 \mu\text{g mL}^{-1}$  e  $312,5 \mu\text{g mL}^{-1}$ , respectivamente. Uma alíquota de 0,1 mL das soluções dos extratos dos frutos nas concentrações (312,5, 625, 1.250, 2.500, 5.000 e 50.000) foi adicionada em um tubo de ensaio com 1 mL de solução de reagente ( $4 \text{ mmol L}^{-1}$  de Molibdato de amônio, fosfato de sódio a  $28 \text{ mmol L}^{-1}$  e ácido sulfúrico a  $0,6 \text{ mol L}^{-1}$ ). Os tubos foram parcialmente selados e transferidos para um banho-maria a  $95^\circ\text{C}$  durante 60 minutos. Após o resfriamento dos tubos de ensaio, foi efetuada a leitura a 695 nm utilizando um espectrofotômetro Gehaka®, modelo UV- 340 G contra um branco (300  $\mu\text{L}$  de etanol adicionados a 3 mL de reagente). A leitura foi realizada em triplicata. Para fins de cálculos, os valores da capacidade antioxidante dos frutos foram comparados com o padrão BHT nas seguintes concentrações (04, 13, 36, 111, 333, 1.000 e  $5.000 \mu\text{g mL}^{-1}$ ) e uma curva analítica foi confeccionada com as absorções obtidas. Dessa forma, foi expressa uma equação da reta para a determinação da capacidade antioxidante total das amostras. Os resultados, foram encontrados em equivalentes miligramas de BHT por g de amostra ( $\text{mg EBHT g}^{-1}$  amostra) [26].

### 2.3 Análises estatísticas

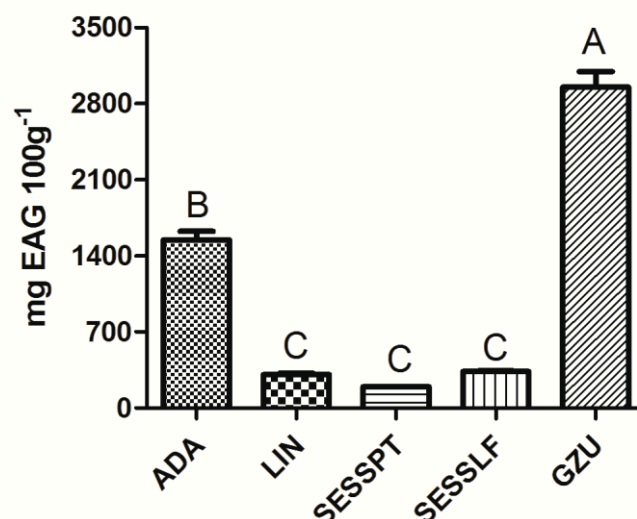
Os resultados para as características avaliadas (compostos fenólicos, flavonoides totais, antocianinas totais e carotenoides totais), assim como a atividade antioxidante pelos métodos DPPH, ABTS e Complexo Fosfomolibdênio, foram analisados conforme a variância, seguidos pelo teste F, para verificar a existência de diferença entre as amostras, de acordo com a aplicação de cada metodologia utilizada. As análises foram realizadas utilizando o programa Sisvar®[27] e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. Os resultados foram plotados em gráficos de barras e o software empregado foi o *GraphPad Prism* versão 5.01.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Determinação dos compostos fenólicos totais

Os compostos fenólicos totais são substâncias imprescindíveis para o desenvolvimento e a reprodução dos vegetais e, além disso, conferem pigmentação e proteção contra raios ultravioleta, microrganismos e insetos. Diante de situações de estresse como limitações hídricas, nutricionais ou até mesmo ataques de microrganismos patogênicos, as plantas utilizam como contingência a ativação das vias biossintéticas para a produção de metabólitos secundários como os compostos fenólicos [28]. Esses compostos podem ser divididos em dois grupos: flavonoides e não flavonoides, englobando numerosos compostos com diferentes estruturas químicas como flavanóis, flavonoides, antocianinas e os ácidos fenólicos, sendo que muitos deles demonstram atividade antioxidante [29].

Os teores dos Fenólicos Totais (FT) obtidos pelo método de Folin-Ciocalteu e expressos em miligramas de equivalente de ácido gálico ( $\text{mg EAG}$ ) por 100 gramas do fruto ( $100 \text{ g}^{-1}$  fruto) no trabalho realizado, encontram-se demonstrados na Figura 1.



**Figura 7.** Teor de compostos fenólicos totais utilizando as amostras (ADA - *C. adamantium*, LIN - *C. lineatifolia*, SESSPT - *C. sessiliflora* – Patos de Minas, SESSLF - *C. sessiliflora* – Lagoa Formosa e GZU - *C. guazumifolia*. Médias seguidas pela mesma letra, não diferem significativamente a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

Através da análise estatística utilizando o teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ), observa-se que a cultivar *C. guazumifolia* ( $2.953,42 \pm 141,22$  mg EAG  $100\text{ g}^{-1}$ ) apresentou o maior teor de Fenólicos Totais, seguida pela *C. adamantium* ( $1.547,44 \pm 79,49$  mg EAG  $100\text{ g}^{-1}$ ). Em contrapartida, o extrato da *C. sessiliflora* Patos de Minas apresentou a menor concentração de compostos fenólicos dentre as espécies analisadas ( $197,44 \pm 2,99$  mg EAG  $100\text{ g}^{-1}$ ), porém apresentou valores estatisticamente semelhantes às espécies de *C. sessiliflora* Lagoa Formosa ( $336,32 \pm 9,40$  mg EAG  $100\text{ g}^{-1}$ ) e *C. lineatifolia* ( $308,11 \pm 12,82$  mg EAG  $100\text{ g}^{-1}$ ).

Comparando ao trabalho descrito por Opata [30], onde foi avaliada a obtenção de compostos fenólicos de amostras de *C. xanthocarpa* *in natura* ( $2.924$  mg EAG  $100\text{ g}^{-1}$ ), de amostras liofilizadas do pó de guabiroba ( $1.732$  mg EAG  $100\text{ g}^{-1}$ ) e amostras secas em estufa sem circulação ( $747$  mg EAG  $100\text{ g}^{-1}$ ) e com circulação forçada de ar ( $502$  mg EAG  $100\text{ g}^{-1}$ ), foi verificada que a concentração dos compostos fenólicos nas amostras da *C. guazumifolia* ( $2.953,42 \pm 141,22$  mg EAG  $100\text{ g}^{-1}$ ) e da *C. adamantium* ( $1.547,44 \pm 79,49$  mg EAG  $100\text{ g}^{-1}$ ) apresentaram resultados significativos diante da utilização do extrato aquoso.

No estudo de otimização para extração de biocompostos em metanol na polpa e resíduos de frutos de gabiobas (*C. adamantium*) procedentes da região central de Goiás, foram encontradas as concentrações de fenólicos totais de  $1.222,59$  mg EAG  $100\text{ g}^{-1}$  e  $1.787,65$  mg EAG  $100\text{ g}^{-1}$ , respectivamente [31]. Para Santos *et al.* [32], o extrato etanólico dos frutos maduros de gabiobas coletados de plantas nativas dispersas no distrito de Itaiacoca – PR demonstrou um valor médio para esses compostos fenólicos de  $131$  mg EAG  $100\text{ g}^{-1}$ . Adicionalmente, Lima *et al.* [19] reportaram valores de  $229$  mg EAG  $100\text{ g}^{-1}$  para champa (*C. lineatifolia*). Nesse contexto, é possível avaliar que no presente estudo fitoquímico, o conteúdo de compostos fenólicos da *C. guazumifolia* superou aos valores relatados na literatura para os extratos metanólicos da polpa, resíduos e frutos de gabiobas.

De acordo com vários pesquisadores, os compostos fenólicos têm sido bastante avaliados em uma grande variedade de frutas. Em estudo comparativo com diferentes espécies frutíferas nativas da família *Myrtaceae* e do Cerrado Brasileiro (Tabela 2), pode-se observar que a *C. guazumifolia* no presente trabalho se destacou frente à concentração expressiva de fenólicos totais enaltecendo o potencial funcional dos seus frutos, contribuindo efetivamente para o combate de radicais livres.

**Tabela 2.** Conteúdo de compostos fenólicos totais (mg EAG 100 g<sup>-1</sup>) em espécies de *Myrtaceae* e do Cerrado Brasileiro (polpa e frutos).

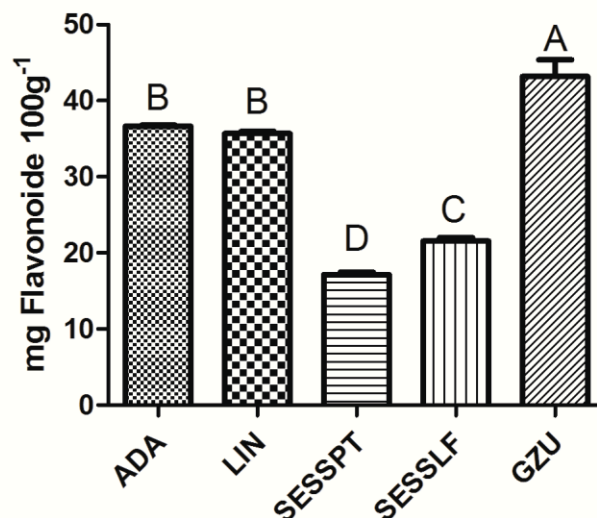
|                  | Nome Popular       | Nome Científico                         | Parte da Planta    | Conteúdo FT (mg EAG 100 g <sup>-1</sup> ) | Referência |
|------------------|--------------------|---|--------------------|---|------------|
| <i>Myrtaceae</i> | Murta              | <i>Blepharocalyx salicifolius</i>       | fruto              | 511,65 ± 1,34                             | [33]       |
| <i>Myrtaceae</i> | Pitanga-do-cerrado | <i>Eugenia punicifolia</i>              | polpa              | 327,00 ± 10,00                            | [34]       |
| <i>Myrtaceae</i> | Araçá-pitanga      | <i>Eugenia leitonii</i>                 | polpa              | 0,1518 ± 0,0079                           | [35]       |
| <i>Myrtaceae</i> | Grumixama          | <i>Eugenia brasiliensis</i>             | polpa              | 0,2669 ± 0,0122                           | [35]       |
| Cerrado          | Marolo             | <i>Annona crassiflora</i> Mart.         | polpa              | 739,37 ± 7,92                             | [37]       |
| Cerrado          | Murici             | <i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Rich) | polpa              | 334,37 ± 9,07                             | [37]       |
| Cerrado          | Pequi              | <i>Caryocar brasiliense</i>             | Polpa (base úmida) | 531,5 ± 66,09                             | [38]       |
| Cerrado          | Pequi              | <i>Caryocar brasiliense</i>             | Polpa (base seca)  | 1116,7±113,37                             | [38]       |

De acordo com Vagula e colaboradores [39], a constituição e produção quantitativa dos fitoquímicos vegetais ou compostos funcionais podem alterar ou se manifestar conforme o cultivo, localização e partes dos frutos. Ainda, conforme reportado por Martins *et al.*[40] as condições geográficas e ambientais do local de origem, bem como os fatores fisiológicos e genéticos das plantas também podem influenciar no teor de compostos fenólicos produzidos pelo vegetal. Tal variação pode explicar a diferença observada no teor de compostos fenólicos nas duas espécies de *C. sessiliflora* trabalhadas (*C. sessiliflora* Patos de Minas -197,44 ± 2,99 mg EAG 100 g<sup>-1</sup> e *C. sessiliflora* Lagoa Formosa - 336,32 ± 9,40 mg EAG 100 g<sup>-1</sup>) que apresentaram diferentes teores de fenólicos totais. Contudo, é importante ressaltar que a eficácia da ação antioxidante depende da estrutura química e concentração desses fitoquímicos nos frutos e demais partes das plantas.

### 3.2 Determinação do teor de flavonoides totais

Os flavonoides são capazes de apresentar atividades biológicas, com efeitos anti-inflamatórios, citotóxicos e protetores da mucosa gástrica, bem como efeitos terapêuticos na aterosclerose, câncer e doença de Alzheimer [41-43]. É considerada uma classe importante de produtos naturais apresentando uma estrutura polifenólica encontrada em frutas e vegetal com atividade antioxidante, cuja potência depende do número e posição dos grupos hidroxilas livres [44].

No presente estudo realizado com os frutos de 04 espécies de gabioba, os resultados obtidos na determinação dos flavonoides totais pelo método de Lees e Francis [21], expressos como miligramas por 100 gramas do extrato seco dos frutos (mg 100 g<sup>-1</sup>) são apresentados na Figura 2.



**Figura 8.** Teor de flavonoides totais utilizando os extratos (ADA - *C. adamantium*, LIN - *C. lineatifolia*, SESSPT - *C. sessiliflora*– Patos de Minas, SESSLF - *C. sessiliflora* – Lagoa Formosa, GZU - *C. guazumifolia*). Médias seguidas pela mesma letra, não diferem significativamente a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

Observou-se que o extrato da espécie *C. guazumifolia* foi o que apresentou o maior conteúdo de flavonoides totais ( $43,17 \pm 2,25 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ ) apresentando uma relação direta com o conteúdo de polifenóis encontrado no trabalho. Em seguida, os extratos de *C. adamantium* ( $36,63 \pm 0,17 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ ) e *C. lineatifolia* ( $35,70 \pm 0,28 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ ) apresentaram resultados estatisticamente semelhantes.

Estudos anteriores da composição fitoquímica evidenciaram a presença tanto dos compostos fenólicos quanto de flavonoides em plantas do gênero *Campomanesia spp.* [45-46]. No trabalho realizado por Limberger [47] foi encontrado o valor de  $2.507 \text{ mg ER } 100 \text{ g}^{-1}$  (miligramas de equivalente de Rutina por 100 gramas da amostra) para o conteúdo de flavonoides totais no extrato aquoso das folhas secas de *C. xanthocarpa* coletadas em Uruguaiana/ RS, a partir da formação de complexos com solução de cloreto de alumínio.

Nos experimentos desenvolvidos por Dalastra [48], utilizando também o método de complexação com cloreto de alumínio, foi detectada uma concentração de flavonoides totais no extrato etanólico das folhas de *C. xanthocarpa* de  $5,264 \text{ mg de catequina } 100 \text{ g}^{-1}$  de extrato, valor esse superior ao extrato da polpa com etanol  $0,718 \text{ mg de catequina } 100 \text{ g}^{-1}$  de extrato. Entretanto, em outros trabalhos, foram encontrados valores mais baixos para o teor de flavonoides em extratos etanólicos das folhas de outras duas espécies de gabioba *C. adamantium* ( $1,798 \text{ mg de quercetina } 100 \text{ mg}^{-1}$ ) e *C. guaviroba* ( $0,304 \text{ mg de quercetina } 100 \text{ mg}^{-1}$ ) [49]. Portanto, comparando com a literatura, é possível considerar que o método de extração e o tipo de solvente podem influenciar na concentração de compostos bioativos da mesma espécie ou até mesmo de espécies diferentes de cada planta, sugerindo que determinados solventes não conseguem realizar a extração dos metabólitos secundários de forma efetiva [50].

Os flavonoides, em sua grande maioria, conseguem sequestrar os radicais livres, agindo como agentes antioxidantes pela reação direta com esses radicais para formar produtos menos reativos. Podem agir também como potentes inibidores de determinadas enzimas metabólicas responsáveis pela geração de radicais livres, tais como cicloxigenase, lipoxigenase, mono amina oxidase e xantina oxidase [51]. Assim, pode-se sugerir que o extrato de *C. sessiliflora* PT ( $17,13 \pm 0,34 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ ) possui a menor capacidade sequestradora de radicais livres ligada à composição de flavonoides já que exibiu o menor teor de flavonoides totais no estudo.

É importante ressaltar que existem poucos trabalhos na literatura sobre a quantificação desse metabólito em frutos das espécies de *Campomanesia spp.* para comparação e, que os valores encontrados neste estudo parecem ser relevantes diante dos encontrados nas folhas e polpas das outras espécies. O

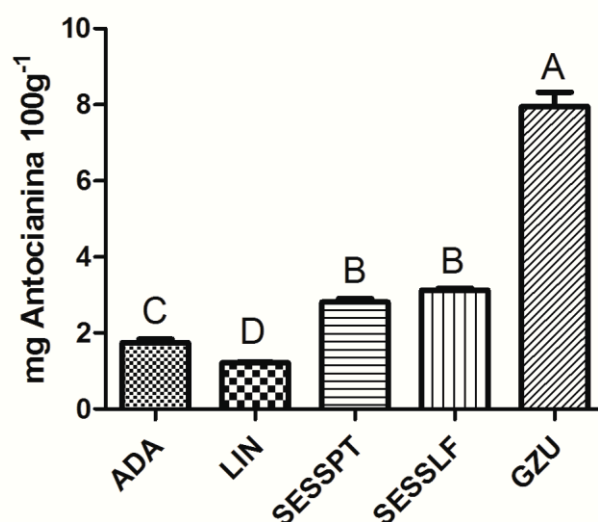
extrato obtido da *C. guazumifolia* apresentou um percentual considerável de flavonoides diante do teor de fenólicos totais o que pode corroborar para o poder redutor exercido por esta amostra.

### 3.3 Determinação do teor de antocianinas totais

Nas ultimas décadas, o interesse pela comunidade científica por compostos bioativos de origem natural tem aumentado bastante devido ao potencial destes metabólitos na prevenção e tratamento complementar de doenças inflamatórias crônicas [48].

Segundo Beta e Duodu [52], os agentes antioxidantes têm a capacidade de prevenir e reparar danos causados pelo processo de oxidação, podendo estar em alguns nutrientes e em substâncias não nutricionais como os fitoquímicos. Dentre estes vários compostos, as antocianinas se destacam como agentes com potencial poder redutor e capacidade anti-inflamatória [53].

Para Mazza [54], as antocianinas têm demonstrado um papel promissor em diversas ações biológicas, destacando além da ação anti-inflamatória, atividades antioxidantes, antimicrobianas e anticancerígenas. Além disso, apresentam também vários efeitos sobre os vasos sanguíneos, plaquetas e lipoproteínas podendo mitigar o risco de doenças cardíacas. Os dados obtidos dos teores de antocianinas totais dos extratos das espécies de *Campomanesia spp.*, determinado pelo método espectrofotométrico descrito por Lees e Francis [21], expressos em miligramas 100 g<sup>-1</sup> da amostra (mg 100 g<sup>-1</sup> da amostra) estão expostos na Figura 3.



**Figura 9.** Teor de antocianinas totais dos extratos analisados das espécies (ADA - *C. adamantium*, LIN - *C. lineatifolia*, SESSPT - *C. sessiliflora*– Patos de Minas, SESSLF - *C. sessiliflora* – Lagoa Formosa, GZU - *C. guazumifolia*). Médias seguidas pela mesma letra, não diferem significativamente a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

De acordo com a análise estatística utilizando o teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ), podemos observar que dentre as cultivares de *Campomanesia spp.* analisadas no trabalho, a cultivar da *C. guazumifolia* demonstrou maior valor do conteúdo de antocianinas ( $7,96 \pm 0,38$  mg 100 g<sup>-1</sup>). Em relação a isso, a *C. guazumifolia* demonstrou também nesse estudo, a maior concentração de compostos fenólicos ( $2.953,42 \pm 141,22$  mg EAG 100 g<sup>-1</sup>) e flavonoide totais ( $43,17 \pm 2,25$  mg 100 g<sup>-1</sup>) entre os extratos analisados, isso explica, os maiores valores encontrados para antocianinas totais, já que essas substâncias são quimicamente pertencentes ao grupo dos compostos fenólicos.

Em seguida, as cultivares *C. sessiliflora* LF ( $3,12 \pm 0,05$  mg 100 g<sup>-1</sup>) e *C. sessiliflora* PT ( $2,81 \pm 0,09$  mg 100 g<sup>-1</sup>), apresentaram valores estatisticamente semelhantes.

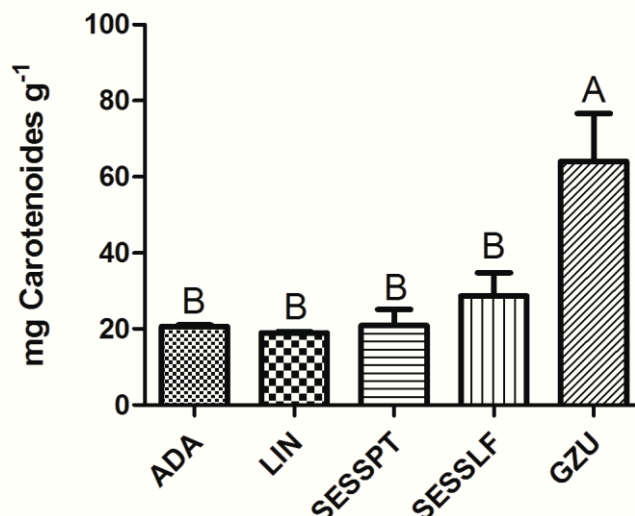
Comparando com os resultados das unidades amostrais dos frutos de gabirola no presente estudo, essas apresentaram resultados bastante inferiores aos frutos de jabuticaba (314 mg 100 g<sup>-1</sup> de fruta), uva (227 mg 100 g<sup>-1</sup>), jambolão (386 mg 100 g<sup>-1</sup>) e amora (290 mg 100 g<sup>-1</sup>) [55]. Isso pode ser condizente com as pesquisas realizadas por De Souza [56] as quais destacaram que os frutos que apresentam coloração amarela como a gabirola, araçá amarelo e butiá apresentam maiores teores de flavonoides em relação às frutas de coloração vermelha/púrpura (jabuticaba, araçá vermelho, pitanga, jabuticaba, amora preta), as quais revelam maior quantidade de antocianinas e compostos fenólicos. Para Gross [57] a diferenciação de coloração nos diversos frutos apresenta uma relação positiva com a concentração de antocianinas. Por outro lado, a cultivar da *C. lineatifolia* demonstrou o menor teor de antocianinas totais (1,22 mg 100 g<sup>-1</sup>) no presente estudo. Porém, apresentou uma concentração superior ao encontrado por De Souza [56] no qual o extrato metanólico da polpa de *C. xanthocarpa* apresentou 0,344 mg 100 g<sup>-1</sup>. Já no trabalho conduzido por De Paulo Farias e colaboradores [58] o conteúdo encontrado para as antocianinas totais nos frutos de *C. xanthocarpa* variou de 3.24 a 11.68 mg 100 g<sup>-1</sup>, valor esse superior ao detectado por De Souza [56] e aos resultados encontrados em nosso trabalho. Diante disso, é possível apontar que existem vários fatores que podem interferir no método extrativo das antocianinas totais. Além da natureza do solvente, as antocianinas podem se mostrar sensíveis à degradação por fatores como pH, temperaturas elevadas, luz, oxigênio, agitação excessiva, entre outros comprometendo a extração efetiva de seu conteúdo [59-60]. Portanto, dentre as amostras testadas em nossa pesquisa para a determinação do teor total de antocianinas pelo método de Lees e Francis [21], o extrato aquoso dos frutos da espécie *C. guazumifolia* foi o que apresentou o melhor resultado, podendo ser destacado como uma fonte natural de antioxidantes, além de sugerir uma bioatividade predita favorável.

### **3.4 Determinação do teor de carotenoides totais**

Os carotenoides se caracterizam como pigmentos coloridos lipossolúveis encontrados em bactérias, fungos, algas, diversas plantas e alimentos. Pertencem a família dos tetraterpenos (isoprenoide à base de C40) conferindo aos frutos, folhas e flores coloração variante do amarelo ao vermelho. Conforme reportado em alguns estudos, apresentam expressivas propriedades antioxidantes, apoptótica e inibidora do crescimento de tumores malignos demonstrando epidemiologicamente correlação entre a alta ingestão desses compostos bioativos e a quimioprevenção do câncer de mama, cervical, colorretal e doenças oculares e cardiovasculares. Além disso, a suplementação com carotenoides pode proporcionar crescimento celular, controlar a expressão gênica, bem como promover imunomodulação [61].

Diante dos efeitos benéficos apresentados por estes metabólitos secundários na saúde e na redução do risco de determinadas doenças, torna-se interessante a pesquisa desses compostos nas espécies de *Campomanesia spp.* estudadas. Sendo assim, os conteúdos de carotenoides totais dos extratos, determinado pelo método espectrofotométrico descrito por Lichthentaler [22], expressos em miligramas g<sup>-1</sup> da amostra (mg g<sup>-1</sup> da amostra) estão evidenciados na Figura 4.





**Figura 10.** Teor de carotenoides totais utilizando os extratos (ADA - *C. adamantium*, LIN - *C. lineatifolia*, SESSPT - *C. sessiliflora* – Patos de Minas, SESSLF - *C. sessiliflora* – Lagoa Formosa, GZU - *C. guazumifolia*). Médias seguidas pela mesma letra, não diferem significativamente a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

Conforme observado pelo teste estatístico de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ), o extrato de *C. guazumifolia* apresentou o maior teor de carotenoides totais com o valor de  $64,06 \pm 12,55 \text{ mg g}^{-1}$  da amostra, seguido pelos extratos de *C. sessiliflora* LF ( $28,74 \pm 6,04 \text{ mg g}^{-1}$ ), *C. sessiliflora* PT ( $20,86 \pm 4,22 \text{ mg g}^{-1}$ ), *C. adamantium* ( $20,65 \pm 0,43 \text{ mg g}^{-1}$ ) e *C. lineatifolia* ( $18,97 \pm 0,28 \text{ mg g}^{-1}$ ), os quais não foram estatisticamente diferentes.

Foram encontradas poucas informações na literatura sobre a identificação e quantificação de carotenoides totais nas espécies de *Campomanesia spp.* utilizadas nesta pesquisa. Assim, o presente estudo demonstra que estas plantas de ocorrência no Cerrado, podem ser apontadas como fontes promissoras de carotenoides totais.

Em pesquisas anteriores, há relatos de constituintes totais e individuais dos carotenoides nas demais espécies deste gênero. Pereira *et al.* [62] demonstraram que a *C. xanthocarpa* O. Berg apresentou  $0,30553 \text{ mg g}^{-1}$  de conteúdo total de carotenoides contendo a seguinte composição química: criptoxantina > luteína >  $\beta$ -caroteno > zeaxantina >  $\alpha$ -caroteno >  $\beta$ -caroteno 5,6-epóxido > 13-cis- $\beta$ -caroteno > 9-cis- $\beta$ -caroteno. Já a uvaia (*Eugenia pyriformis*), representante também da família *Myrtaceae*, expressou neste mesmo estudo a maior concentração total de carotenoides com cerca de  $0,90933 \text{ mg g}^{-1}$  e a seguinte composição química: luteína >  $\beta$ -caroteno > criptoxantina >  $\alpha$ -caroteno > zeaxantina > 13-cis- $\beta$ -caroteno > 9-cis- $\beta$ -caroteno >  $\beta$ -caroteno 5,6-epóxido.

É importante ressaltar que cada constituinte individual dos carotenoides possui sua atuação funcional modulando os sistemas biológicos através, principalmente, da neutralização de radicais livres e utilizam ao mesmo tempo a energia obtida deste processo para a manutenção de suas moléculas. O  $\beta$ -caroteno exemplifica essa função antioxidante que ocorre nas fases lipídicas, inativando as espécies químicas reativas que causam danos às membranas lipoproteicas. Além disso, outros carotenóides como  $\beta$ -caroteno, 13-cis- $\beta$ -caroteno, 9-cis- $\beta$ -caroteno e 5,6-epoxi- $\beta$ -caroteno podem ser absorvidos e convertidos em vitamina A pelo corpo humano [58].

Outros representantes da família *Myrtaceae* também exibiram conteúdo expressivo de carotenoides nos extratos de seus frutos/ polpas: *Eugenia brasiliensis* Lam - Grumixama ( $5,122 \text{ mg g}^{-1}$ ); *E. pyriformis* Cambess – Uvaia ( $13,066 \text{ mg g}^{-1}$ ); e *E. desinterica* DC. - Cagaita ( $0,0077 \text{ mg g}^{-1}$ ) [63]. Assim, comparando-se os resultados das análises fitoquímicas realizadas nesse estudo aos trabalhos de Pereira *et al.* [62] e De Araújo *et al.* [63], as quantidades de carotenoides totais para as quatro espécies

de *Campomanesia spp.* foram superiores, inferindo que a ingestão desses frutos pode contribuir para a prevenção e redução da incidência de várias patologias crônicas não transmissíveis.

Ainda, na análise da composição fitoquímica dos frutos das espécies *Syzygium cumini* (Jambolão), *S. malaccense* (Jambo Vermelho), *E. pyriformis* Cambess (Uvaia) e *C. xanthocarpa* O. Berg (Guabiroba), também pertencentes à família *Myrtaceae*, De Paulo Farias e colaboradores [58] encontraram os respectivos conteúdos para os carotenoides totais 0,0009 mg g<sup>-1</sup>; 0,0001 a 0,0393 mg g<sup>-1</sup>; 0,0207 a 0,0256 mg g<sup>-1</sup> e 0,0302 a 0,0722 mg g<sup>-1</sup>. Em comparação com o estudo supracitado, foi possível observar que as espécies de *Campomanesia spp.* na presente análise também demonstraram maiores teores para esses fitoquímicos, atestando que essas espécies de gabirola podem representar uma fonte promitente de antioxidantes naturais de interesse e recomendação na saúde humana.

Portanto, dentre as amostras testadas para a determinação de carotenoides totais pelo método de Lichthenthaler [22], o extrato dos frutos da *C. guazumifolia* foi o que apresentou o melhor resultado, sendo um importante protótipo para novos estudos baseados no conhecimento de seu potencial funcional.

### 3.5 Determinações da Atividade Antioxidante

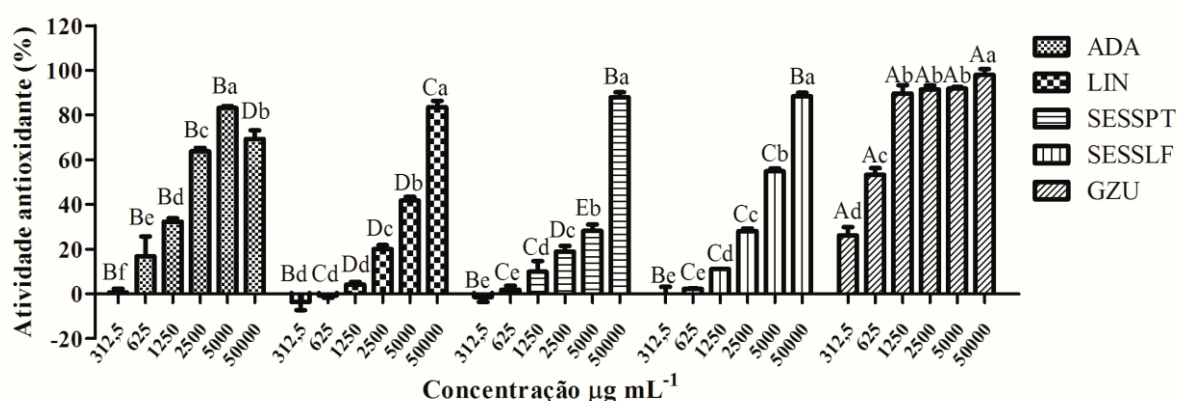
#### 3.5.1 Análise da atividade antioxidante pelo método DPPH

Determinados compostos presentes nas plantas podem expressar atividade antioxidante combatendo os radicais livres e evitando danos às células através do estresse oxidativo [64].

A fim de avaliar essa atividade *in vitro*, um dos métodos utilizados foi o ensaio baseado na inibição do radical 2,2-difenil-1-picril-hidrazil pelo conteúdo existente de espécimes antioxidantes nos frutos do atual estudo. De acordo com a técnica executada, os radicais DPPH<sup>•</sup> sofrem redução pelos agentes antioxidantes presentes tornando-se estáveis e conferindo alteração da cor violeta para um amarelo pálido [65].

A metodologia de detecção da atividade por DPPH demonstra-se simples e rápida, não envolvendo condições extremas de temperatura e oxigenação. Portanto de fácil aplicação, sendo indicada para a análise de grande número amostral a partir de extratos em solventes de diferentes polaridades e até mesmo em substâncias isoladas [66-67].

No presente estudo, foi observada que a intensidade da coloração violeta do DPPH foi inversamente proporcional à atividade antioxidante das amostras conforme dosagens espectrofotométricas realizadas no comprimento de onda 517 nm. Os resultados para essa ação antioxidante das quatro espécies testadas estão demonstrados na Figura 5.



**Figura 11.** Porcentagem da atividade antioxidante das amostras (ADA - *C. adamantium*, LIN - *C. lineatifolia*, SESSPT - *C. sessiliflora*– Patos de Minas, SESSLF - *C. sessiliflora* – Lagoa Formosa, GZU - *C. guazumifolia*) nas concentrações (312,5, 625, 1.250, 2.500, 5.000 e 50.000 µg mL<sup>-1</sup>) pelo método do DPPH<sup>•</sup>. Médias seguidas pela mesma letra, maiúsculas para comparar a concentração entre as amostras e

minúsculas para comparar a concentração dentro de cada amostra, não diferem significativamente a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

Verificou-se atividade sequestradora do radical DPPH<sup>\*</sup> em todas as espécies de gabioba testadas e os resultados mostraram-se dose-dependentes com relação significativa entre a concentração e a atividade, ou seja, à medida que se aumentou a concentração houve aumento da resposta antioxidante. Portanto, a ação antioxidante é mais evidente nas maiores concentrações. Somente na concentração 50.000 µg mL<sup>-1</sup> da espécie *C. adamantium* que não foi observada essa relação em detrimento ao processo de saturação, devido provavelmente à alta concentração do substrato.

Segundo o estudo de Freitas *et al.* [68], a capacidade antioxidante dos extratos pode ser classificada como forte quando estes apresentarem um percentual de captura de radicais livres maior que 70%; moderada quando a atividade antioxidante estiver entre 50% e 70%; e fraca quando eliminarem menos de 50% dos radicais DPPH.

Foi observado que nos resultados obtidos na avaliação da atividade antioxidante pela captura do radical DPPH, na concentração 50.000 µg mL<sup>-1</sup>, os extratos de *C. guazumifolia* (98,0%), da *C. sessiliflora* LF (88,5%), da *C. sessiliflora* PT (87,9%) e da *C. lineatifolia* (83,5%) apresentaram forte atividade (maior que 70%). Contudo nesse contexto, é importante ressaltar que mesmo todos os extratos apresentando uma forte capacidade antioxidante, estatisticamente pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ), foi notado que nessa concentração de 50.000 µg mL<sup>-1</sup> houve diferenças expressivas em relação à atividade redutora dos extratos. O genótipo da *C. guazumifolia* apresentou um maior potencial sequestrador dos radicais, em seguida, as espécies *C. sessiliflora* PT e LF, as quais não apresentaram diferenças significativas entre elas e a *C. lineatifolia* que demonstrou resultado significativamente diferente ( $p < 0,05$ ), conferindo uma capacidade inferior de captura do radical DPPH<sup>\*</sup> dentre os extratos analisados.

Já o extrato de *C. adamantium* apresentou 69,3% de atividade na concentração de 50.000 µg mL<sup>-1</sup> que corresponde a uma moderada atividade de eliminação dos radicais (entre 50% e 70%). Contudo, diante da ocorrência da saturação não foi possível avaliar fidedignamente a sua capacidade antioxidante.

Quanto ao potencial antioxidante, verificou-se que o extrato de *C. guazumifolia* conferiu os melhores resultados nas concentrações 50.000, 5.000, 2.500, 1.250 e 650, alcançando, respectivamente, 98,0%, 91,8%, 91,5% e 89,7% de seqüestro dos radicais. Esse comportamento pode ser justificado pela relação direta com o elevado teor de fenólicos totais encontrados nessa espécie que demonstram potencial capacidade redutora, bem como pelos conteúdos consideráveis dos demais compostos antioxidantes, flavonoides e antocianinas totais. Em contrapartida, o extrato de *C. lineatifolia* ofereceu uma menor capacidade doadora de elétrons para os radicais formados. Além de terem apresentado menores conteúdos de polifenóis e antocianinas totais nas análises realizadas, o baixo desempenho na atividade pode ser explicado pelo comprometimento na extração de compostos com significativo poder redutor e/ou pela presença de compostos com baixo potencial seqüestrador de radicais.

Contribuindo para a avaliação dos resultados encontrados no presente trabalho, Pacheco [69] verificou em seus estudos os resultados percentuais de inibição do radical DPPH<sup>\*</sup> de 95,13%, 95,62%, 94,53% e 87,20% para os frutos de *Campomanesia xanthocarpa*, *Pisidium cattleianum* acesso 44 (araçá-rosa), *Syzygium cumini* (jambolero) e *Eugenia pyriformis* acesso 3 (uvaia), respectivamente, espécies essas pertencentes também à Família *Myrtaceae*. Ainda, de acordo com o trabalho conduzido por Fonseca [70], o extrato metanólico das folhas de *C. sessiliflora* variou sua percentagem de neutralização de 57,12 a 90,20% que comparada ao padrão Trolox demonstrou capacidade antioxidante consideravelmente alta. Desse modo, os estudos acima corroboram para a relevante atividade antioxidante exibida pelo extrato de *C. guazumifolia*.

Vários estudos recentes têm reportado a capacidade de inibição do radical DPPH<sup>\*</sup> conforme a concentração eficiente (CE<sub>50</sub>), ou seja, quantidade de antioxidante necessária para reduzir a concentração inicial de DPPH em 50%. Oliveira e colaboradores [71] verificaram em seus estudos a concentração inicial de DPPH (CE<sub>50</sub>) de 740,0 µg mL<sup>-1</sup> para óleo essencial de folhas de *C. adamantium* inferindo um baixo potencial antioxidante em comparação à quercetina (CE<sub>50</sub> = 3,13 µg mL<sup>-1</sup>). Quanto maior o consumo de DPPH por uma amostra, menor será a sua CE<sub>50</sub> e maior a sua atividade antioxidante. Neste

trabalho de Oliveira *et al.* [71], o óleo essencial da *C. adamantium* apresentou  $CE_{50}$  igual a  $2.538 \mu\text{g mL}^{-1}$  quando comparada ao ácido ascórbico ( $CE_{50} = 2,15 \mu\text{g/mL}$ ), demonstrando também uma baixa capacidade de neutralização dos radicais livres. Já Barbosa [72] reportou em seu trabalho que o extrato etanólico foliar da *C. lineatifolia* apresentou  $CE_{50}$  de 10,02 a  $6,83 \mu\text{g mL}^{-1}$ , sugerindo uma melhor capacidade de eliminação de radicais livres. Contudo, torna-se difícil compararmos os valores obtidos para as atividades antioxidantes na presente análise aos resultados encontrados nesses estudos, uma vez que as metodologias e formas de expressão dos resultados são distintas[69].

Nesse contexto, relacionando a capacidade antioxidante encontrada para os extratos das espécies de *Campomanesia spp.* através do método DPPH, podemos sugerir que houve uma associação direta entre o conteúdo dos compostos bioativos, principalmente os compostos fenólicos, e a atividade antioxidante pela técnica do DPPH, haja vista que alguns trabalhos científicos reportam consonância entre o teor dos compostos fenólicos totais e a capacidade de neutralização dos radicais livres [73], [74], [37]. As amostras concentradas de compostos fenólicos são determinantes para uma maior ação redutora. Segundo Soares [75], a atividade antioxidante depende também da composição das estruturas básicas dos fenóis e flavonóides, onde geralmente os compostos com grupamentos polares, como as hidroxilas, apresentam maior atividade antioxidante. Portanto, pode-se sugerir que o teor de compostos fenólicos na espécie de *C. guazumifolia* tenha contribuído para a sua efetividade na eliminação de radicais livres de 2,2-difenil-1-picrilhidrazila.

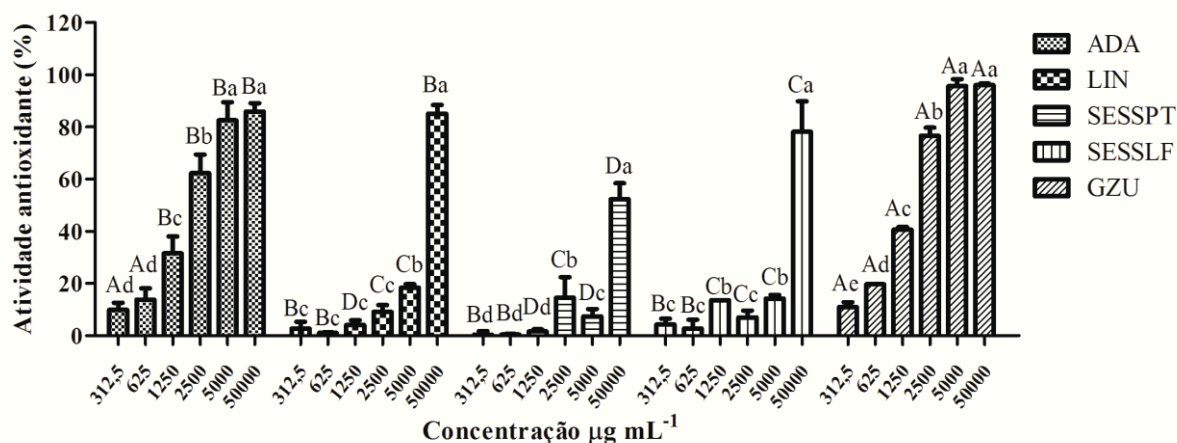
### 3.5.2 Análise da atividade antioxidante pelo método de neutralização do radical ABTS

Conforme delineado por Araújo, Martins e Borba [76] a elevação dos níveis de espécies reativas de oxigênio e de nitrogênio no metabolismo, decorrente do estresse oxidativo, está diretamente ligada ao aparecimento e desenvolvimento de várias patologias crônicas como câncer, doenças cardiovasculares e neurológicas. Diante deste fato, para que ocorra a supressão e prevenção na produção destes radicais é preciso atuação de um efetivo mecanismo antioxidativo realizado por agentes antioxidantes enzimáticos e não enzimáticos [77]. Com isso, nos últimos anos, a pesquisa por esses agentes tem sido de grande interesse pela comunidade científica através da utilização de ferramentas analíticas para avaliação da capacidade antioxidante de compostos naturais [78].

No decorrer do presente trabalho, pode-se observar que os frutos das espécies de *Campomanesia spp.* apresentaram uma constituição relevante desses agentes antioxidantes e a técnica colorimétrica de inibição do radical livre  $ABTS^{•+}$  através de reação química com ABTS (2,2-azinobis-[3-etil-benzotiazolin-6-ácido sulfônico]), conforme Re *et al.* [25], foi utilizada como uma ferramenta analítica no intuito de ampliar ainda mais a avaliação do potencial antioxidante desses bioativos. Esse método é aplicável para a análise de compostos puros, agentes antioxidantes hidrossolúveis e lipossolúveis, bem como extratos de plantas.

A técnica ABTS consiste na capacidade de estabilização do radical pré-formado  $ABTS^{•+}$  por substâncias doadoras de elétrons. Inicialmente apresenta coloração azul esverdeada mediante reação com persulfato de potássio e após a adição do agente antioxidante, o qual promove a redução do radical  $ABTS^{•+}$  a ABTS, ocorre a perda gradual da cor inicial do meio reacional em congruência com a concentração dos extratos testados [25], [79].

Diante da utilização desta metodologia, a capacidade antioxidante das amostras testadas foi determinada como uma porcentagem decrescente da intensidade da cor e estatisticamente conforme o teste de Scott ( $p < 0,05$ ) apresentando os seguintes resultados na Figura 6.



**Figura 12.** Porcentagem da atividade antioxidante das amostras (ADA - *C. adamantium*, LIN - *C. lineatifolia*, SESSPT - *C. sessiliflora* – Patos de Minas, SESSLF - *C. sessiliflora* – Lagoa Formosa, GZU - *C. guazumifolia*) pelo método do ABTS, nas concentrações (312,5; 625; 1.250; 2.500; 5.000 e 50.000 µg mL<sup>-1</sup>). Médias seguidas pela mesma letra, maiúsculas para comparar a concentração entre as amostras e minúsculas para comparar a concentração dentro de cada amostra, não diferem significativamente a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

Observou-se que a espécie *C. guazumifolia* (96,1%) foi a que apresentou maiores resultados perante as demais espécies na capacidade antioxidante, uma vez que o seu extrato mostrou-se mais efetivo em todas as concentrações testadas, sendo obtidos 10,9%, 19,8%, 40,6%, 76,7%, 95,6% e 96,1% nas concentrações 312,5; 625; 1.250; 2.500; 5.000 e 50.000, respectivamente. Sugere-se que tal resultado foi devido aos teores elevados dos metabólitos secundários encontrados nas análises anteriores supracitadas.

Em seguida, a *C. adamantium* (85,9%) foi a espécie a apresentar melhores resultados para a ação antioxidante, demonstrando respectivamente 9,9%, 13,8%, 31,6%, 62,4%, 82,5% e 85,9% de atividade nas concentrações 312,5; 625; 1.250; 2.500; 5.000 e 50.000 µg mL<sup>-1</sup>. É importante ressaltar, que nessas duas espécies, verificou-se que o potencial antioxidante foi diretamente proporcional à concentração do extrato, sendo que a medida que houve um aumento da concentração da amostra houve concomitantemente uma elevação da capacidade de inibição dos radicais livres assim como no método DPPH.

Em seu trabalho, Pacheco [69] também avaliou a capacidade antioxidante dos extratos dos frutos através do método de neutralização do radical ABTS, reportando os seguintes valores percentuais de inibição do ABTS<sup>++</sup>: *Campomanesia xanthocarpa* (55,32%), *Pisidium cattleianum* (variação de 66,12 a 71,95%), *Syzygium cumini* (64,14%) e *Eugenia pyriformis* (variação de 18,32 a 25,99%). E do mesmo modo com o observado no teste de DPPH, comparando com os resultados anteriores, podemos enfatizar a relevante propriedade anti-radical exibida pelas variedades *C. guazumifolia* (96,1%) e *C. adamantium* (85,9%), respectivamente no método ABTS.

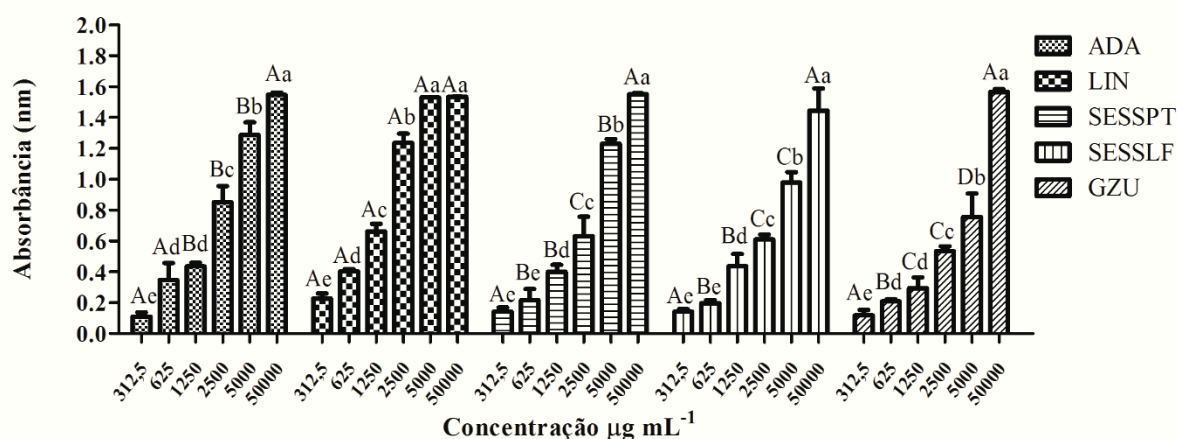
Por outro lado, a variedade *C. sessiliflora* PT (52,3%) mostrou o menor potencial redutor podendo sugerir que a capacidade antioxidante apresentada está relacionada ao baixo rendimento de fenólicos totais encontrados no presente trabalho.

### 3.5.3 Análise da atividade antioxidante pelo método de redução do Complexo de Fosfomolibdênio

Essa metodologia trata-se de um procedimento de simples execução e de baixo custo para avaliar a atividade antioxidante total (ATT) de uma mistura complexa de compostos, incluindo os extratos vegetais. A ATT fundamenta-se na redução de íons metálicos, sendo delimitada quantitativamente através

da redução do Mo VI em Mo V formando o complexo de fosfato de molibdênio. Inicialmente, a solução apresenta-se com coloração amarela e, em meio ácido e na presença de um agente redutor, a solução de fosfato de molibdênio se reduz convertendo para a cor verde. É importante ressaltar que esse procedimento possui a vantagem de determinar a capacidade avaliativa do potencial antioxidante de componentes hidrofílicos e lipofílicos das amostras [26], [80].

Na avaliação da ATT, todos os extratos atestaram atividade que foi evidenciada pela alteração da coloração das reações durante as análises. Na Figura 7 estão demonstrados os dados obtidos da capacidade antioxidante total dos cinco extratos.



**Figura 13.** Absorbância das amostras (ADA - *C. adamantium*, LIN - *C. lineatifolia*, SESSPT - *C. sessiliflora*– Patos de Minas, SESSLF - *C. sessiliflora* – Lagoa Formosa, GZU - *C. guazumifolia*) pelo método do Complexo fosfomolibdênio, nas concentrações (312,5; 625; 1.250; 2.500; 5.000 e 50.000 µg mL<sup>-1</sup>). Médias seguidas pela mesma letra, maiúsculas para comparar a concentração entre as amostras e minúsculas para comparar a concentração dentro de cada amostra, não diferem significativamente a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

Os resultados dos ensaios exibidos mostraram que a cultivar da *C. lineatifolia* (195,7 mg EBHT g<sup>-1</sup> amostra) apresentou maior capacidade antioxidante total em relação às demais espécies, sendo obtidas as absorbâncias 0,227; 0,404; 0,663; 1,236; 1,531 e 1,537 nas respectivas concentrações 312,5; 625; 1.250; 2.500; 5.000 e 50.000 µg mL<sup>-1</sup>, demonstrando assim uma relação concentração-dependente nos resultados obtidos. Contudo, foi observado que essa espécie apresentou os menores rendimentos de metabólitos secundários no presente trabalho com exceção do conteúdo de flavonoides, podendo ser justificada a maior atividade antioxidante total pela presença de outros compostos químicos que não sejam os fenólicos totais e que essa atividade mais pronunciada seja decorrente de um sinergismo dos componentes presentes na amostra [81].

A espécie *C. adamantium* (105,1 mg EBHT g<sup>-1</sup> amostra) também mostrou uma capacidade antioxidante total satisfatória diferenciando estatisticamente da *C. lineatifolia* nas concentrações 1.250, 2.500 e 5.000 µg mL<sup>-1</sup>. Assim, é importante ressaltar que os resultados encontrados para essas duas espécies (*C. lineatifolia* – 195,7 mg EBHT g<sup>-1</sup> amostra e *C. adamantium* – 105,1 mg EBHT g<sup>-1</sup> amostra) são dignos de menção, uma vez que na literatura não foram evidenciados registros referentes à atividade antioxidante por complexação do fosfomolibdênio para essas espécies.

Por outro lado, de acordo com a análise estatística utilizando-se o teste de Scott, o extrato do espécime *C. sessiliflora* LF (42,9 mg EBHT g<sup>-1</sup> amostra) foi o que provocou a menor redução do complexo de fosfomolibdênio. Entretanto, pode-se observar que na concentração 50.000 µg mL<sup>-1</sup>, todos os extratos apresentaram expressiva AAT mesmo diferindo significativamente (p<0,05) nas demais concentrações. Portanto, as atividades antioxidantes totais dessas espécies podem ser consideradas importantes para a utilização desses extratos como aditivos antioxidantes.

---

Há uma escassez de estudos na literatura sobre a atividade antioxidante total pelo método do fosfomolibdênio em amostras de gabioba, sendo encontrada por Czaikoski *et al.* [82], a combinação da ATT e o rendimento total de extração para extratos de *C. xanthocarpa* (1.089,20 mg tocoferol g<sup>-1</sup> de extrato) a 353,15 K e 25 MPa, a qual mostrou-se maior comparada aos extratos de gengibre que oscilou de 484,64 a 931,67 mg tocoferol g<sup>-1</sup> de extrato [83]. Sendo assim, o trabalho reporta pela primeira vez a análise avaliativa da ação redutora através do método de complexação pelo fosfomolibdênio para as quatro espécies de *Campomanesia spp.*, indicando que os frutos dessas espécies podem ser boas fontes naturais de antioxidantes.

#### **3.5.4 Análise das atividades antioxidantes equivalentes ao padrão BHT**

Em consonância com Mendes *et al.* [84], faz-se necessário considerar dois preceitos diferentes nos processos de avaliação das atividades antioxidantes. O primeiro se refere à consideração da capacidade de eliminação dos radicais livres pelo composto antioxidante que pode ser predita pelas suas respectivas concentração e reatividade. E o segundo, ao espectro de atuação desse antioxidante que é controlado através de sua solubilidade e outros fatores específicos. Dessa forma, a potencialidade antioxidante *in vitro* de determinados extratos é mais bem avaliada por mais de um método de bioatividade. Portanto, foram utilizados os métodos de captura do radical livre DPPH, o de neutralização do radical orgânico ABTS e o do poder redutor do Complexo de Fosfomolibdênio agregando valor às análises realizadas no presente estudo.

Analizando os dois métodos utilizados *in vitro* (DPPH e ABTS) para a determinação do potencial antioxidante frente aos ensaios realizados, foi possível observar que os mesmos se mostraram satisfatórios e apresentaram similaridade na detecção da atividade anti-radical livre, principalmente para os genótipos *C. guazumifolia* e *C. adamantium*. Tal situação pode ser justificada pelo mecanismo de doação de elétrons e de átomos de hidrogênio comum às duas metodologias, bem como à constituição do metabolismo secundário [67].

Em uma visão geral, os valores exibidos para a neutralização de radicais livres pelo método DPPH sobressaem aos resultados reportados pelo teste do ABTS demonstrando que a divergência encontrada na atividade antioxidante pelas duas metodologias pode ser decorrente do modo de interação ou afinidade dos compostos existentes nos extratos dos frutos com os neutralizadores de radicais livres [85]. Considerando essa vertente, para avaliar a contribuição dos metabólitos secundários fenólicos totais, flavonoides, antocianinas e carotenoides com a atividade antioxidante pelos radicais livres DPPH e ABTS das amostras analisadas foi utilizada a Correlação Linear de Pearson conforme representado na (Tabela 3).



**Tabela 3.** Matriz de Correlação entre as variáveis Compostos Fenólicos, Flavonoides, Antocianinas e Carotenoides Totais com a atividade antioxidante pelos métodos DPPH, ABTS e Complexo de Fosfomolibdênio das espécies de *Campomanesia* spp. analisadas.

| Metabólitos Secundários    | Atividade antioxidante de acordo com o método |         |             |         |                          |         |
|----------------------------|---|---------|-------------|---------|--------------------------|---------|
|                            | DPPH  |         | ABTS        |         | Complexo Fosfomolibdênio |         |
|                            | R   | Valor-p | R           | Valor-p | R                        | Valor-p |
| <b>Compostos Fenólicos</b> | <b>0,91</b>                                   | 0,032*  | <b>0,96</b> | 0,009*  | 0,37                     | 0,543   |
| <b>Flavonóides</b>         | 0,65  | 0,237   | 0,80        | 0,24    | 0,24                     | 0,699   |
| <b>Antocianinas</b>        | <b>0,95</b>                                   | 0,012*  | 0,62        | 0,268   | 0,63                     | 0,251   |
| <b>Carotenóides</b>        | <b>0,98</b>                                   | 0,004*  | 0,68        | 0,210   | 0,54                     | 0,343   |

\*Apresentaram diferenças estatísticas pelo teste de correlação de Pearson.

DPPH - Atividade de eliminação do DPPH; ABTS - Atividade antioxidante pelo método ABTS;

ADA - *C. adamantium*; LIN - *C. lineatifolia*; SESSPT - *C. sessiliflora* Patos de Minas; SESSLF - *C. sessiliflora* Lagoa Formosa; GZU - *C. guazumifolia*.

De acordo com Moore [86], a correlação de Pearson se baseia em medir a direção e o grau de linearidade entre duas variáveis quantitativas. O coeficiente de correlação linear de Pearson ( $r$ ) oscila de -1 a 1. O sinal indica direção positiva ou negativa referente à afinidade apresentada e o seu valor indica a força da relação entre as variáveis quantitativas. Para a interpretação dos índices do coeficiente de correlação ( $r$ ), foi estabelecida uma classificação, de forma adaptada, conforme Cohen [87], Reidy e Dancey [88] e Souza [89], sendo que para o valor  $r = 1,00$  a correlação é considerada perfeita;  $r = 0,00$  até  $0,10$  (ínfima);  $r = 0,10$  até  $0,50$  (fraca);  $r = 0,50$  até  $0,80$  (moderada); e  $r = 0,80$  até  $1,00$  (forte). Quando  $r$  se iguala a zero, pode-se afirmar a inexistência de correlação entre as variáveis analisadas.

Dessa forma, estatisticamente, foi observado que os conteúdos de carotenoides ( $r = 0,98$ ;  $p < 0,05$ ), antocianinas ( $r = 0,95$ ;  $p < 0,05$ ) e compostos fenólicos ( $r = 0,91$ ;  $p < 0,05$ ) apresentaram uma correlação positiva, forte e significativa com a atividade antioxidante mediada pelo método do DPPH. Em relação ao potencial de captura pelo ABTS, foi evidenciada uma correlação linear moderada e positiva para o rendimento de carotenoides ( $r = 0,68$ ;  $p > 0,05$ ) e de antocianinas ( $r = 0,62$ ;  $p > 0,05$ ) e forte, positiva e significativa para o teor de compostos fenólicos ( $r = 0,96$ ;  $p < 0,05$ ).

Bagetti e seus colaboradores [90], também encontraram uma correlação semelhante ao nosso trabalho analisando a capacidade antioxidante do extrato de geléia de Cambuci (*Campomanesia phae* O. Berg), onde foram observados os maiores valores nos resultados de DPPH. A correlação encontrada para o conteúdo de compostos fenólicos da geléia de Cambuci e as atividades antioxidantes pelos métodos DPPH ( $r = 0,82$ ) e ABTS ( $r = 0,80$ ) foi positiva e forte corroborando para os resultados encontrados no presente estudo.

Notoriamente, o rendimento de compostos fenólicos obtido no presente estudo apresenta uma forte correlação positiva linear e significativa ( $p < 0,05$ ) com a atividade antioxidante *in vitro* exibida pelos métodos de DPPH e ABTS. Tal comportamento pode ser observado principalmente nos extratos de *C. guazumifolia* e *C. adamantium* que apresentaram os maiores índices de fenólicos totais e as maiores médias de atividade neutralizadora de radicais livres.

Nesse sentido, a ação antioxidante encontrada neste estudo, determinada pelos métodos de DPPH e ABTS para o extrato de *C. guazumifolia*, torna essa espécie um protótipo particularmente promissor contribuindo positivamente para a saúde humana. Essa correlação pode ser verificada através de trabalhos na literatura mostrando que a atividade seqüestradora de radicais livres é altamente influenciada pelo conteúdo substancial de compostos fenólicos na amostra examinada [91].

Ilustrando melhor o trabalho, os resultados obtidos das atividades antioxidantes dos três métodos estão apresentados em miligramas de equivalente de BHT por g da amostra (mg EBHT g<sup>-1</sup>) na (Tabela 4).



**Tabela 4.** Valores das atividades antioxidantes equivalentes ao padrão antioxidante BHT (mg equivalente ao BHT por g do extrato) das espécies vegetais analisadas do gênero *Campomanesia spp.*

|        | DPPH<br>mg EBHT g <sup>-1</sup> | ABTS<br>mg EBHT g <sup>-1</sup> | Complexo fosfomolibdênio<br>mg EBHT g <sup>-1</sup> |
|--------|---------------------------------|---------------------------------|---|
| ADA    | 49,1 B                          | 83,7 B                          | 105,1 B   |
| LIN    | 14,9 C                          | 8,6 C                           | 195,7 A   |
| SESSPT | 19,2 C                          | 3,4 C                           | 83,5 B  |
| SESSLF | 19,7 C                          | 5,4 C                           | 42,9 C  |
| GZU    | 568,3 A                         | 105,3 A                         | 50,7 C  |

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem significativamente a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

ADA - *C. adamantium*; LIN - *C. lineatifolia*; SESSPT - *C. sessiliflora* Patos de Minas; SESSLF - *C. sessiliflora* Lagoa Formosa; GZU - *C. guazumifolia*.

Na análise final da prospecção fitoquímica utilizando os métodos espectrofotométricos descritos, observa-se no presente estudo que o extrato dos frutos de *C. guazumifolia* foi o que apresentou maior rendimento de compostos fenólicos ( $2.953,42 \pm 141,22$  mg EAG 100 g<sup>-1</sup>), flavonoides ( $43,17 \pm 2,25$  mg 100 g<sup>-1</sup>), antocianinas ( $7,96 \pm 0,38$  mg 100 g<sup>-1</sup>) e carotenoides ( $64,06 \pm 12,55$  mg g<sup>-1</sup>). Esse elevado teor de componentes fenólicos contribuiu diretamente para a maior atividade antioxidante pelos métodos DPPH (568,3 mg EBHT g<sup>-1</sup>) e ABTS (105,3 mg EBHT g<sup>-1</sup>) sugerindo que esses fenólicos totais têm uma participação efetiva na captura e neutralização dos radicais livres desta espécie.

No entanto, no teste do poder redutor pela formação do complexo fosfomolibdênio (50,7 mg EBHT g<sup>-1</sup>), uma atuação oposta foi observada. De acordo com a matriz de correlação (Tabela 3), o coeficiente linear de Pearson para os compostos bioativos variou de fraco a moderado e sem significância ( $p > 0,05$ ) para a capacidade redutora do complexo de fosfomolibdênio. Desse modo, é importante ressaltar que os componentes antioxidantes encontrados em cada um dos procedimentos utilizados não sejam, necessariamente, os mesmos e que os extratos consistem em uma mistura complexa de compostos que podem apresentar interações antagônicas ou sinérgicas [92].

Ainda, as divergências nas atividades conforme a metodologia utilizada, evidenciam que existe uma diversidade e complexidade de mecanismos para a inibição da oxidação e para a neutralização dos radicais livres. Portanto, uma técnica pode se mostrar mais efetiva do que a outra, não devendo ser comparados os resultados entre si se o princípio da reação não for o mesmo. Além disso, a capacidade total antioxidante observada no método do fosfomolibdênio está ligada tanto a propensão de doar um par de elétrons (mecanismo redox), o qual depende da existência de compostos na amostra que possuam anéis fenólicos com duplas ligações, quanto em doar apenas um elétron ou um hidrogênio (mecanismo radicalar), que é dependente da presença de estruturas com hidroxilas disponíveis [93]. Portanto, podemos sugerir que o resultado obtido na espécie *C. guazumifolia* para este teste pode estar relacionado a um ou à união desses dois mecanismos de redução.

Considerando os melhores dados que combinam o rendimento total da extração e as atividades antioxidantes, foram encontrados também para a cultivar *C. adamantium* resultados significativos de compostos fenólicos ( $1.547,44 \pm 79,49$  mg EAG 100 g<sup>-1</sup>), flavonoides ( $36,63 \pm 0,17$  mg 100 g<sup>-1</sup>), antocianinas ( $1,74 \pm 0,10$  mg 100 g<sup>-1</sup>) e carotenoides ( $20,65 \pm 0,43$  mg g<sup>-1</sup>), os quais também corroboraram para uma atividade antioxidante expressiva pelos três métodos: DPPH (49,1 mg EBHT g<sup>-1</sup>), ABTS (83,7 mg EBHT g<sup>-1</sup>) e complexação pelo fosfomolibdênio (105,1 mg EBHT g<sup>-1</sup>) destacando-a também como um potencial agente antioxidante.

Os dados, no geral, sugerem que o metabolismo secundário dessas espécies é o grande responsável pela produção de biocompostos que promovem as atividades antioxidantes. E que os compostos fenólicos encontrados contribuem de forma efetiva para a atividade sequestradora e de neutralização dos radicais livres dos extratos analisados consolidando o uso dessas espécies vegetais como alternativas naturais na medicina tradicional.

---

Dessa forma, a utilização do extrato aquoso desses frutos na forma de suco pode ser uma estratégia para a utilização da gabioba pela população local contribuindo na prevenção de algumas patologias e na promoção e valorização desse fruto como matéria prima para a indústria alimentícia e farmacêutica.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados demonstraram que o extrato aquoso dos frutos de *C. guazumifolia* apresentou o maior potencial antioxidante *in vitro*, se destacando dentre as espécies testadas pela sua capacidade anti-radicalar. Os ensaios espectrofotométricos realizados para a avaliação fitoquímica permitiram confirmar a alta presença de compostos fenólicos, flavonoides, antocianinas e carotenoides totais nesse genótipo, podendo sugerir que a expressiva atividade antioxidante de *C. guazumifolia* esteja relacionada a esses grupos de metabólitos, principalmente aos compostos fenólicos. O extrato de *C. adamantium* mostrou-se também com um conteúdo expressivo de compostos fenólicos, flavonoides e carotenoides totais, demonstrando ser um possível adjuvante ou protótipo para estudos farmacológicos futuros. Em contraste, o extrato dos frutos de *C. sessiliflora* – Lagoa Formosa exibiu menor capacidade antioxidante *in vitro*.

Portanto, diante do perfil fitoquímico e do potencial antioxidante exibidos pelos extratos de *C. guazumifolia* e *C. adamantium*, estes podem ser considerados agentes promissores para a atividade anti-radicalar, sendo necessários estudos adicionais para compreender os eventos moleculares para a aplicabilidade química e biológica na prevenção e tratamento de diversas patologias relacionadas ao estresse oxidativo.

#### 5. REFERÊNCIAS

- [1] T.G. Silva, *et al*, Medicamentos fitoterápicos: uma nova alternativa no tratamento das doenças negligenciadas. Open journal of aging research, v. 1, 2018.
- [2] N. Sirag, *et al*, Determinação da atividade antioxidante de algumas variedades de cebola (*Allium cepa* L.) cultivadas no Sudão. Revista Gezira de Ciências da Saúde, v. 11, n. 2, 2018.
- [3] B.N Ames; M.K. Shigenaga; T.M. Hagen, Oxidants, antioxidants, and the degenerative diseases of aging. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, Washington DC, v.90, n.17, p.7915-7922, 1993.
- [4] J.L. Witzum, The oxidative hypothesis of atherosclerosis. Lancet, London, v.344, n.8926, p.793-795, 1994.
- [5] W. STAHL; H. SIES, Antioxidant defense: vitamins E and C and carotenoids. Diabetes, v. 46, n. Supplement 2, p. S14-S18, 1997.
- [6] H.E. Poulsen; H. Prieme; S. Loft, Role of oxidative DNA damage in cancer initiation and promotion. European Journal of Cancer Prevention, Oxford, v.7, n.1, p.9-16, 1998.
- [7] A. Pompella, Biochemistry and histochemistry of oxidant stress and lipid peroxidation. International journal for vitamin and nutrition research. International e Zeitschrift fur Vitamin-und Ernährungs for schung. Journal International de vitaminologieet de nutrition, v. 67, n. 5, p. 289-297, 1997.

- 
- [8] M. S. Brewer, Natural antioxidants: sources, compounds, mechanisms of action, and potential applications. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, v. 10, n. 4, p. 221-247, 2011.
- [9] S. Kumar *et al*, Development and evaluation of alginate–chitosan nanocapsules for controlled release of acetamiprid. *International journal of biological macromolecules*, v. 81, p. 631-637, 2015.
- [10] V.B. Oliveira *et al*, Native foods from Brazilian biodiversity as a source of bioactive compounds. *Food Research International*, Barking, v.48, p.170–179, 2012.
- [11] C.H. Lescano *et al*, *Campomanesia adamantium* peel extract in antidiarrheal activity: the ability of inhibition of heat-stable enterotoxin by polyphenols. *Journal Pone*, 0165208, 2016.
- [12] M. D. Martello *et al*, *Campomanesia adamantium* extract induces DNA damage, apoptosis, and affects cyclophosphamide metabolism. *Genet.Mol. Res*, v. 15, p. 1-11, 2016.
- [13] J. C. De Souza *et al*, Toxicological analysis and antihyperalgesic, antidepressant, and anti-inflammatory effects of *Campomanesia adamantium* fruit barks. *Nutr.Neurosci.* 20 23–31, 2017.
- [14] M.I. Vallilo *et al*, Chemical composition of *Campomanesia adamantium* (Cambessédes) O. Berg' fruits. *Food Science and Technology*, v. 26, n. 4, p. 805-810, 2006.
- [15] I. D. Coutinho *et al*. Determination of phenolic compounds and evaluation of antioxidant capacity of *Campomanesia adamantium* leaves. *Eclet.Quím.*33 53–60, 2008.
- [16] A.C.R.F. Pascoale *et al*. Antiproliferative activity and induction of apoptosis in PC-3 cells by the chalcone cardamonin from *Campomanesia adamantium* (*Myrtaceae*) in a bioactivity-guide study. *Molecules*, 19, 1843-1855, 2014.
- [17] V.E.G. Rodrigues, D.A. Carvalho. Levantamento etnobotânico de plantas medicinais no domínio cerrado na região do Alto Rio Grande, MG. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.25, n.1, p. 102-103, jan./fev.2001.
- [18] T. B. S.L. Catelan *et al*, Evaluation of the *in vitro* photoprotective potential of ethanolic extracts of four species of the genus *Campomanesia*. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*. Elsevier, 2019.
- [19] M. S. Santos, Impacto do processamento sobre as características físico-químicas, reológicas e funcionais da gabirobeira (*Campomanesia xanthocarpa* Berg) 2011. Tese (doutorado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos. Curitiba, 2011.
- [20] V. L. Singleton; J. A. Rossi, Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American journal of Enology and Viticulture*, v. 16, n. 3, p. 144-158, 1965.
- [21] D. H. Lees; F. J. Francis, Standardization of pigment analyses in cranberries. *Hort Science*, 1972.
- [22] H. K. Lichtenthaler, Chlorophyll and carotenoids-pigments of photosynthetic biomembranes, -In: Colowick, SP., Kaplan, NO (ed): *Methods in Enzymology*, Vol, 148. 1987.
- [23] D. Lopes-Lutz *et al*, Screening of chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of *Artemisia* essential oils. *Phytochemistry*, v. 69, n. 8, p. 1732-1738, 2008.

- 
- [24] M. S. S. Tavares; M. I. L. Ramos, Atividade antioxidante de frutos do Cerrado e do pantanal, do estado de Mato Grosso do Sul: padronização de metodologias. Departamento de Tecnologias de Alimentos e Saúde Pública, 2008.
- [25] R. Re *et al*, Antioxidant activity applying and improved ABTS radical cation decolorization assay. Free Radical Biology and Medicine, New York, v. 26, n. 9/10, p. 1231-1237, 1999.
- [26] P. Prieto; M. Pineda; M. Aguilar, Spectrophotometric quantitation of antioxidant capacity through the formation of a phosphomolybdenum complex: specific application to the determination of vitamin E. Analytical biochemistry, v. 269, n. 2, p. 337-341, 1999.
- [27] D. F. Ferreira, Sisvar: A computer statistical analysis system. Ciência e Agrotecnologia, 35:1039-1042, 2011.
- [28] I. Ignat; I. Volf; V. I. Popa, A critical review of methods for characterization of polyphenolic compounds in fruits and vegetables. Food chemistry, v. 126, n. 4, p. 1821-1835, 2011.
- [29] E. A. Melo; N. B. Guerra, Ação antioxidante de compostos fenólicos naturalmente presentes em alimentos. Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 36, n. 1, p. 1-11, 2002.
- [30] P. Opata, Desidratação da polpa de guabiroba (*Campomanesia xanthocarpa* Berg) por diferentes processos e avaliação da estabilidade dos compostos bioativos presentes. 2017.
- [31] A. M. Alves *et al*, Caracterização física e química, fenólicos totais e atividade antioxidante da polpa e resíduo de gabioba. Revista Brasileira de Fruticultura, v. 35, n. 3, p. 837-844, 2013.
- [32] M.S. Santos *et al*, Chemical characterization and evaluation of the antioxidant potential of gabioba jam (*Campomanesia xanthocarpa* Berg). Acta Scientiarum. v. 35, n. 1, p. 73-82, 2013.
- [33] J. S. S. Lima *et al*, CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE GABIROBA (*Campomanesia lineatifolia*) E MURTA (*Blepharocalyx salicifolius*) NATIVAS DA REGIÃO SERRANA DE IBIAPABA-CE. Revista Caatinga, v. 29, n. 3, p. 753-757, 2016.
- [34] W.S. Rocha *et al*, Compostos fenólicos totais e taninos condensados em frutas nativas do cerrado. Revista Brasileira de Fruticultura, 33:1215- 1221, 2011.
- [35] J. Infante *et al*, Antioxidant and anti-inflammatory activities of unexplored Brazilian native fruits. PLoS One, v. 11, n. 4, p. e0152974, 2016.
- [36] L. R. B. Land *et al*, Proximate composition, bioactive compounds and physico-chemical parameters of mama-cadela (*Brosimum gaudichaudii* Trec) from Cerrado Mineiro/Composição centesimal, compostos bioativos e parâmetros físico-químicos da mama-cadela (*Brosimum gaudichaudii* Trec) proveniente do Cerrado Mineiro. Demetra: Food, Nutrition & Health, v. 12, n. 2, p. 509-519, 2017.
- [37] V.R. Souza *et al*, Determination of bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Cerrado Brazilian fruits. Food chemistry, v. 134, n. 1, p. 381-386, 2012.
- [38] J.G. Paz *et al*, Análise da composição nutricional e de parâmetros físico-químicos do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb) in natura. Revista Científica Linkania Master, v. 1, n. 8, 2014.

- 
- [39] J.M. Vagula *et al*, Antioxidant activity of fifteen seeds from fruit processing residues by different methods. *Acta Scientiarum.Technology*, v. 41, p. e35043, 2019.
- [40] S. Martins *et al*, Bioactive phenolic compounds: production and extraction by solid-state fermentation. A review. *Biotechnology advances*, v. 29, n. 3, p. 365-373, 2011.
- [41] M. B. Y. Çimen *et al*, Flavonoids and their antioxidant properties. *Turkiye Klinikleri Journal of Medical Sciences*, v. 19, n. 5, p. 296, 1999.
- [42] Y. K. Lee *et al*, Epigallocatechin-3-gallate prevents lipopolysaccharide-induced elevation of beta-amyloid generation and memory deficiency. *Brain research*, v. 1250, p. 164-174, 2009.
- [43] H.K. Sandhar *et al*, A Review of Phytochemistry and Pharmacology of Flavonoids. *International e Pharmaceutica Scientia*, v.1, n.1, p. 25-41, 2011.
- [44] A.N. Panche *et al*, Flavonóides: uma visão geral. *Jornal de ciências nutricionais*, 5, e47. doi: 10.1017 / jns.2016.41.
- [45] L. G. Malta *et al*, Assessment of antioxidant and antiproliferative activities and the identification of phenolic compounds of exotic Brazilian fruits. *Food research international*, v. 53, n. 1, p. 417-425, 2013.
- [46] T. O. Fernandes *et al*, *Campomanesia adamantium* (Myrtaceae) fruits protect HEPG2 cells against carbon tetrachloride-induced toxicity. *Toxicologyreports*, vol. 2, pp. 184-193, 2015.
- [47] J. Limberger *et al*, COMPOSIÇÃO QUÍMICA E EFEITO HIPOTENSOR DO EXTRATO AQUOSO DE CAMPOMANESIA XANTHOCARPA. *Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão*, v. 7, n. 2, 2016.
- [48] V. Dalastra *et al*, Flavonoides presentes nos extratos da *Campomanesia xanthocarpa* Berg/ Flavonoids present in extracts of *Campomanesia xanthocarpa* Berg. *Brazilian Journal of Development*, 2019.
- [49] A. C. R. F. Pascoal *et al*, *Campomanesia adamantium* e *Campomanesia guaviroba*: fitoquímica e estudo *in vitro* e *in vivo* visando a determinação da atividade biológica e toxicidade. 2015.
- [50] L. S. Sant'anna *et al*, Chemical composition and hypotensive effect of *Campomanesia xanthocarpa*. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2017, 2017.
- [51] J.V. Higdon; B. Frei, Tea catechins and polyphenols: health effects, metabolism, and antioxidant functions. 2003.
- [52] T. Beta; K.G. Duodu, Bioactive: antioxidants. *Reference Module in Food Science*, 2016.
- [53] A. Kaulmann *et al*, Carotenoids, polyphenols and micronutrient profiles of *Brassica oleraceae* and plum varieties and their contribution to measures of total antioxidant capacity. *Food Chemistry*, v.155, p.240-250, 2014.
- [54] G. Mazza, Anthocyanins and heart health. *Annali-Istituto Superiore Di Sanita*, v. 43, n. 4, p. 369, 2007.

- 
- [55] D. B. L. Terci, Aplicações analíticas e didáticas de antocianinas extraídas de frutas. 2004. 213 f. 2004. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Química) -Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.
- [56] A. G. Souza *et al*, Caracterização físico-química de frutos nativos da região Sul do Brasil. Evidencia, v. 18, n. 1, p. 81-94, 2018.
- [57] J. Gross; J. Gross, Pigments in fruits. London: Academic Press, 1987.
- [58] D. Paulo Farias, *et al*. A critical review of some fruit trees from the *Myrtaceae* family as promising sources for food applications with functional claims. Food chemistry, v. 306, p. 125630, 2020.
- [59] T. Nguyen *et al*, Encapsulation of *Hibiscus sabdariffa* L. anthocyanins as natural colours in yeast. Food Research International, v. 107, p. 275-280, 2018.
- [60] S. C. S. R. Moura *et al*, Liberação de antocianinas do extrato de hibisco encapsulado por gelificação iônica e aplicação de micropartículas em balas de gelatina. Food research international, v. 121, p. 542-552, 2019.
- [61] A. Milani *et al*, Carotenoids: biochemistry, pharmacology and treatment. British journal of pharmacology, 2017.
- [62] M. C. Pereira *et al*, Characterization and antioxidant potential of Brazilian fruits from the *Myrtaceae* family. Journal of agricultural and food chemistry, 60.12: 3061-3067, 2012.
- [63] F. F. Araújo *et al*, Wild Brazilian species of *Eugenia* genera (*Myrtaceae*) as an innovation hotspot for food and pharmacological purposes. Food research international, 2019.
- [64] V. Dalastra, Avaliação química e biológica de compostos bioativos extraídos da guabirobeira (*Campomanesia xanthocarpa* Berg). 2018.
- [65] K. Sirivibulkovit; S. Nouanthavong; Y. Sameenoi, Based DPPH assay for antioxidant activity analysis. Analytical Sciences, v. 34, n. 7, p. 795-800, 2018.
- [66] I. A. Ribeiro *et al*, Avaliação da atividade antioxidante e de compostos fenólicos totais na biomassa do noni (*Morinda citrifolia* Linn) em cinco estádios de maturação. Exacta, v. 11, n. 2, p. 1-8, 2018.
- [67] J. E. R. Cruz *et al*, Análise fitoquímica e avaliação da atividade antimicrobiana de plantas medicinais de ocorrência no Cerrado. 2019.
- [68] E. C. Freitas *et al*, Constituintes Fenólicos e Screening da Capacidade Antioxidante de Coprodutos Desidratados de *Theobroma grandiflorum*. Revista Virtual Química, v. 9, p. 2193-2203, 2017.
- [69] S. M. Pacheco, Frutos da família *Myrtaceae*: Caracterização físicoquímica e potencial inibitório da atividade das enzimas digestivas. 2015. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pelotas.
- [70] L. O. Fonseca, Potencial antioxidante do extrato de *Campomanesia sessiliflora* (guabiroba verde) e modulação sobre a hidrólise de nucleotídeos em soro de ratos. 2018. 34 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Biotecnologia) - Universidade Federal de Uberlândia, Patos de Minas, 2018.
- [71] J.D. Oliveira *et al*, Melhor tempo de hidrodestilação, atividade antioxidante teor e composição química do óleo essencial das folhas de *Campomanesia adamantium* submetidas à secagem. 2015.

- 
- [72] J. Barbosa, *Campomanesia lineatifolia* Ruiz e Pav.: estudo fitoquímico e avaliação da atividade antioxidante. 2009.
- [73] M.S.M. Rufino *et al*, Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. Food Chemistry, London, v.121, p.996–1022, 2010.
- [74] M.M.B. Almeida *et al*, Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh exotic fruits from northeastern Brazil. Food Research International, Barking, v.44, p.2155–2159, 2011.
- [75] J.R. Soares *et al*, Antioxidant activities of some extracts of *Thymus zygis*. Free Radical Research, v.26, p.469- 78, 1997.
- [76] R. F. F. D. Araújo; D. B. G. Martins; M. A. C. S. M. Borba, Oxidative stress and disease. In J. A. Morales-Gonzalez, A. Morales-Gonzalez, & E. O. Madrigal-Santillan (Eds.), A Master regulator of oxidative stress - The transcription factor Nrf2, (Ch. 10). InTech, (2016).
- [77] P. Sharma *et al*, Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions. Journal of botany, 2012.
- [78] K. Sridhar; A. L. Charles, *In vitro* antioxidant activity of Kyoho grape extracts in DPPH and ABTS assays: Estimation methods for EC50 using advanced statistical programs. Food chemistry, 275: 41-49, 2019.
- [79] N. A. Cardoso; R. R. Rocha; M. V. Laurindo, Princípios em Farmácia 2. 2019.
- [80] D. C. Santos, Prospecção Química e avaliação da atividade biológica da própolis de Salinópolis, Pará. Revista Virtual de Química, v. 12, n. 2, 2020.
- [81] L. Balestrin *et al*, Contribuição ao estudo fitoquímico de *Dorstenia multiformis* Miquel (Moraceae) com abordagem em atividade antioxidante. Revista Brasileira de Farmacognosia, v. 18, n. 2, p. 230-235, 2008.
- [82] K. Czaikoski *et al*, Extração de frutos de *Campomanesia xanthocarpa* usando CO<sub>2</sub> supercrítico e avaliações de bioatividade. The Journal of Supercritical Fluids, v. 98, p. 79-85, 2015.
- [83] M. C. Mesomo *et al*, Ginger (*Zingiber officinale* R.) extracts obtained using supercritical CO<sub>2</sub> and compressed propane: Kinetics and antioxidant activity evaluation. The Journal of Supercritical Fluids, v. 71, p. 102-109, 2012.
- [84] R. F. Mendes *et al*, O óleo essencial dos frutos da especiaria brasileira *Xylopiasericca* A. St. - Hil. apresenta expressiva atividade antibacteriana e antioxidante *in vitro*. Revista de Farmácia e Farmacologia, v. 69, n. 3, p. 341-348, 2017.
- [85] A. C. L. Castelucci; P.P.M. Da Silva; M.H.F. Spoto, Compostos bioativos e atividade antioxidante *in vitro* de polpas de frutos da floresta atlântica brasileira. Acta Scientiarum. Tecnologia, v. 42, p. e44503-e44503, 2020.
- [86] D.S. Moore; S. Kirkland, The basic practice of statistics. New York: WH Freeman, 2007.
- [87] J. Cohen, Análise do poder estatístico para as ciências comportamentais. Nova York. NY: Academic, 1988.

- 
- [88] J. Reidy; C. P. DANCEY, Estatística sem matemática para psicologia usando SPSS para Windows. 2006.
- [89] A. Souza, Coeficiente de correlação de Pearson. Mestrado em Gestão (MBA). Departamento de Matemática da Universidade dos Açores. Portugal, 2008.
- [90] M. Bagetti et al, Caracterização físico-química, compostos fenólicos majoritários de frutas e atividade antioxidante da geléia de cambuci (*Campomanesia phaea* O. Berg.). 2014.
- [91] A. L. Santos, Caracterização química por GC/qMS e GC× GC/TOF-MS e avaliação da atividade antioxidante dos óleos essenciais de *Campomanesia guazumifolia* (Cambess.) O. Berg.e *Piper regnellii* (Miq.) C. DC. 2018.
- [92] H.A. Martinez-Correa *et al*, Extracts from pitanga (*Eugenia uniflora* L.) leaves: Influence of extraction process on antioxidant properties and yield of phenolic compounds. The Journal of Supercritical Fluids, v. 55, n. 3, p. 998-1006, 2011.
- [93] L.R.L. Malinowski. Morfoanatomia, Fitoquímica e atividades biológicas de folhas jovens de *Eucalyptus globulus* Labill. subespécie *bicostata* (Maiden *et al.*) JB Kirkpat., *Myrtaceae*. 2010.



---

## Normas de Submissão

Todos os artigos enviados à Exatas Online que estão no escopo da revista serão avaliados por pesquisadores de comprovada experiência na Área relacionada. Todos os artigos serão revisados às cegas, ou seja, os revisores não terão acesso aos nomes dos autores bem como estes não terão acesso aos nomes dos revisores, garantindo assim a total imparcialidade na análise dos trabalhos.

Neste sentido é necessário que os autores sigam, incondicionalmente, as normas estabelecidas pela Exatas Online, conforme o template artigo.doc (ANEXO 1). Também é necessário o envio de uma carta de apresentação no seguinte formato: carta\_apresentacao.doc (ANEXO 2). No template do artigo não deve conter nenhuma informação dos autores, sendo estas informações reportadas apenas na carta de apresentação.

O artigo (em formato .pdf) e a carta de apresentação (em formato .doc) devem ser enviados em arquivos separados para o e-mail exatasonline@uesb.edu.br com cópia para editor.exatasonline@gmail.com. No prazo máximo de uma semana, será enviado um e-mail para os autores confirmando o recebimento do artigo. Caso os autores não recebam tal comunicado, os mesmos deverão contactar diretamente os Editores da Exatas Online.

A Exatas Online é uma revista de acesso aberto. A comunidade científica e o público em geral têm, de forma gratuita, acesso ilimitado e imediato a todos os conteúdos publicados na revista, assim que disponibilizados na Internet.

Os autores não são cobrados pela submissão, processamento e publicação de artigos (ArticleProcessing Charges - APC). Ou seja, não há qualquer custo aos autores.

Os artigos submetidos à revista não devem ter sido publicados e nem devem estar em processo de avaliação para publicação em outro periódico, seja em versão integral ou parcial.

Os autores, cujos artigos foram aceitos para publicação com correções, devem realizar as modificações dos assessores colocando-as em destaque (por exemplo, em coloração diferente) no texto do artigo para futura reavaliação. Somente após o aceite final, que os autores devem colocar as identificações no artigo.

As opiniões emitidas pelos autores dos artigos são de sua exclusiva responsabilidade.

## ANEXO 1

**Título: Template para submissão trabalhos à Exatas Online**

**Title: Template for manuscript submission to Exatas Online**

**NÃO INCLUAM OS NOMES DOS AUTORES NESTE TEXTO, POIS AS ARBITRAGENS SERÃO FEITAS ÀS CEGAS (ver normas de submissão na página da revista)**

### Resumo

Altere os parâmetros (título, title, resumo, abstract, etc.) deste template. O resumo deve ser redigido em fonte Times New Roman tamanho 11pt, contendo no máximo 200 palavras.

**Palavras-chave:** Usar no máximo 6 palavras-chave.

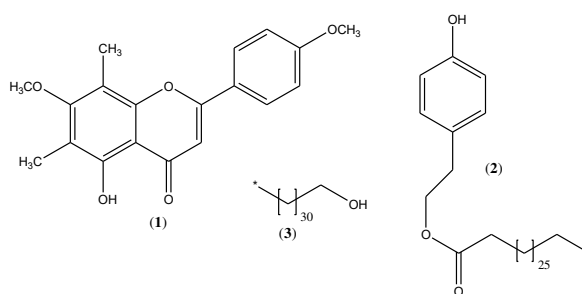
### Abstract

Change the entries of this abstract. The abstract must be written in Times New Roman, size 11 points, italic style, containing a maximum of 200 words.

**Keywords:** Use a maximum of 6 keywords.

### Introdução

Os trabalhos aprovados para apresentação e publicação na Revista Exatas Online devem ser escritos em língua portuguesa ou em língua inglesa. O texto deve ser apresentado no formato A4, fonte Times New Roman de tamanho 11pt e área de impressão de aproximadamente 23.5cm por 16cm. A Tabela I mostra os tamanhos e tipos de fontes utilizados. O trabalho pode conter tabelas e figuras. A Figura I é um exemplo.



Figural: Estrutura química dos constituintes **1**, **2** e **3** isolados de folhas de *E. urograndis*

Tabela 1: Tamanho das fontes

| Texto           | Fonte | LaTeX2e | Aparência |
|-----------------|-------|---------|-----------|
| título          | 14pt  | Large   | bold      |
| autor(es)       | 12pt  | large   | bold      |
| endereço (s)    | 10pt  | small   | normal    |
| texto principal | 11pt  | —       | normal    |

O arquivo com o trabalho final deve ser enviado em formato PDF sem a identificação dos autores. Outras informações estão disponíveis na página da revista.

Como parte do processo de submissão, autores são obrigados a verificar a conformidade da submissão com todas os itens listados a seguir. Serão devolvidas aos autores as submissões que não estiverem de acordo com as normas.

1. A contribuição é original e inédita, e não está sendo avaliada para publicação por outra revista; caso contrário, justificar na “carta de apresentação” no item outras informações relevantes.
2. A autoria do trabalho será incluída somente após aprovação para publicação na Exatas Online. Neste template observe que os itens referentes aos autores, instituições e e-mails, não estão preenchidos.
3. Todos os endereços de páginas na Internet (URLs), incluídas no texto (Ex.: <http://www.uesb.br>) estão ativos e prontos para clicar.
4. A identificação de autoria deste trabalho será removida do arquivo e da opção Propriedades no Word, garantindo desta forma o critério de sigilo da revista, quando submetido para avaliação por pares.

As referências bibliográficas devem estar em ordem de citação no texto e numeradas. Como exemplo, a referência bibliográfica [3] refere-se a livro, a referência [1] a artigo em revista e [2] refere-se a artigo publicado em “proceedings” de congresso.

## 2 Considerações Finais

O arquivo pode conter agradecimentos se necessário.

## Referências

[1] R. Courant, Variational methods for the solution of problems of equilibrium and vibrations, Bull. Amer. Math. Soc., 49 (1943) 1-23.

[2] W. Gautschi, A survey of Gauss-Christoffel quadrature formulae, em “E.B. Christoffel - The influence of his work in mathematics and physical sciences” (P.L. Butzer e F. Fehér, eds.) pp. 72-147, Birkhäuser Verlag, Basel, 1981.

[3] N.J. Higham, “Handbook of Writing for the Mathematical Sciences”, SIAM, Philadelphia, 1993.

---

**ANEXO 2**

**Carta de Apresentação**

Título do Trabalho:

Autores: Fulano de Souza<sup>1</sup>, Beltrano de Souza<sup>2</sup>

email: [1fulano@fulano.com](mailto:1fulano@fulano.com), <sup>2</sup> beltrano@beltrano.com

Instituição:<sup>1</sup> Universidade Fulano de Tal, <sup>2</sup> Universidade Beltrano de Tal

Resumo: O mesmo do artigo

Palavras-chave: O mesmo do artigo

Nomes e email de pelo menos 2 (dois) pesquisadores que poderiam emitir parecer neste artigo submetido (*sem vínculo com os autores*):

- |    |        |
|----|--------|
| 1. | email: |
| 2. | email: |

Outras informações relevantes (*opcional*).