



**GILSON GUSTAVO LUCINDA MACHADO**

**CONSTRUÇÃO DA QUALIDADE DE GABIROBA  
(*Campomanesia pubescens*) DURANTE O  
DESENVOLVIMENTO**

**LAVRAS-MG  
2022**

**GILSON GUSTAVO LUCINDA MACHADO**

**CONSTRUÇÃO DA QUALIDADE DE GABIROBA (*Campomanesia pubescens*)  
DURANTE O DESENVOLVIMENTO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas  
Orientador

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Kalynka Gabriella do Livramento  
Coorientadora

**LAVRAS-MG  
2022**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca  
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Machado, Gilson Gustavo Lucinda.

Construção da qualidade de gabirola (*Campomanesia  
pubescens*) durante o desenvolvimento / Gilson Gustavo Lucinda  
Machado. - 2022.

115 p. : il.

Orientador(a): Eduardo Valério de Barros Vilas Boas.

Coorientador(a): Kalynka Gabriella do Livramento.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de  
Lavras, 2022.

Bibliografia.

1. Atividade antioxidante. 2. Fruto do Cerrado. 3. Crescimento.  
I. Boas, Eduardo Valério de Barros Vilas. II. Livramento, Kalynka  
Gabriella do. III. Título.

**GILSON GUSTAVO LUCINDA MACHADO**

**CONSTRUÇÃO DA QUALIDADE DE GABIROBA (*Campomanesia pubescens*)  
DURANTE O DESENVOLVIMENTO**

**QUALITY CONSTRUCTION OF GABIROBA FRUIT (*Campomanesia pubescens*)  
OVER THE DEVELOPMENT**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADO em 15 de julho de 2022.

Dr. Luiz José Rodrigues

UFMT

Dr.<sup>a</sup> Gilma Auxiliadora Santos Gonçalves

IFSMG

Dr.<sup>a</sup> Kalynka Gabriella do Livramento

UFLA



Prof. Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas  
Orientador

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Kalynka Gabriella do Livramento  
Coorientadora

**LAVRAS-MG  
2022**

*Aos meus pais, José e Marta, que foram privados do ensino, mas me instruíram com princípios, por serem meus maiores exemplos de perseverança, e à minha irmã Jesebel, que me apoia incondicionalmente e que admiro pela força e persistência.*

***Dedico***

## AGRADECIMENTOS

Ao meu melhor amigo, a quem confidencio meus maiores sonhos, medos e anseios, que criou as estrelas e a Lua para brilharem à noite e o Sol para iluminar o dia. Que dá vista ao cego e faz andar o coxo. Que dá sabedoria a quem não possui e conhecimento aos desprovidos. Aquele que em meio às lutas e choros me faz lembrar que o choro pode durar uma noite, mas que a alegria virá ao amanhecer. Que me fez acreditar que, mesmo sem capacidade ou recursos, portas se abririam. Aquele que era, que é, e que há de vir. A Deus seja dado todo o crédito pela realização deste trabalho.

Aos meus pais, Marta e José, que não tiveram a mesma oportunidade de estudo, e mesmo assim me ensinaram que na vida o maior conhecimento não está no livro, mas sim em depositar a confiança em Deus. Obrigado pelas palavras, ensinamentos e por saberem que minha ausência, em muitos momentos, tem um motivo. Espero um dia poder repassar o conhecimento adquirido de vocês. Meu amor por vocês vai além do que os olhos podem ver. Amarei vocês eternamente!

À minha irmã Jesebel, que admiro pela perseverança em meio às dores e por ser uma das únicas pessoas no ciclo familiar que sempre me apoiou. Minha maior frustração é a incapacidade de aliviar suas dores, mas saiba que lutarei até o último suspiro para lhe fornecer uma melhor condição de vida. Mas creio que um dia viveremos em um lugar onde não haverá mais choro, dor ou morte!

Aos amigos de república, Carlos Alexandre e Carlos Milagres, pessoas que aprendi a amar como irmãos, que me auxiliam nos momentos de dificuldade, que me ajudaram nos momentos de frustração e que fazem parte da minha família. Obrigado por tudo!

Aos professores do Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais, *campus* Barbacena, que são grandes fontes de inspiração. Foram professores, amigos e pais. Por acreditarem em mim, quando nem mesmo eu acreditava. Sempre terei as palavras de vocês em meu coração, e espero ser um profissional tão bom quanto vocês.

Aos amigos de faculdade que foram cruciais para que eu concluísse o curso, por terem sido minha família quando estava distante de casa, pelos momentos de alegria vivenciados. Serei sempre grato a vocês, meus eternos irmãos de faculdade!!

A todos os membros do grupo do Laboratório de Pós-colheita de Frutas e Hortaliças: Bia, Hanna, Caio, Elídio, Elano, Gracieli, Ingrid, Alexandre, João, e ao Professor Luiz José. Pelos momentos de risadas, descontração e aprendizado, sendo pessoas que admiro e espero ter um pouco do conhecimento que vocês possuem um dia.

À Bianca, amiga de faculdade e de mestrado, por ter sido a primeira pessoa a me acolher e me fazer sentir em casa, por me ter ensinado e partilhado do seu conhecimento durante esses anos.

Aos técnicos do Departamento de Ciência dos Alimentos, Pâmela, Tatiane e Creuza, que admiro pela trajetória e a quem agradeço pela ajuda.

Ao Professor Eduardo, pela orientação, oportunidade e confiança em mim depositada ao longo do mestrado. Pelas palavras de ânimo quando pensei em desistir e por todo o auxílio e compreensão. Obrigado pelos conhecimentos passados, por me ensinar a ver além do que os olhos veem. Espero um dia possuir um décimo de todo seu conhecimento. Obrigado por toda ajuda!!!

Aos professores do departamento de Ciência dos Alimentos e à Universidade Federal de Lavras, por auxiliarem na realização desse sonho, fornecendo uma pós-graduação gratuita e de qualidade, pelas oportunidades e incentivos proporcionados. Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências dos Alimentos, pela estrutura, recursos e apoio na elaboração do projeto.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo apoio financeiro e pelo incentivo à pesquisa.

*“Bem-aventurado o homem que acha sabedoria, e o homem que adquire conhecimento.”*

*(Provérbios 3.13)*



## RESUMO GERAL

*Campomanesia pubescens*, espécie nativa do Brasil de ocorrência no bioma Cerrado, produz frutos conhecidos como gabioba. O objetivo do presente estudo foi avaliar a construção da qualidade da gabioba, por meio de análises físicas, químicas e fisiológicas ao longo do seu desenvolvimento. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado simples, sendo os tratamentos constituídos por frutos colhidos em diferentes estádios do seu desenvolvimento, dos 9 aos 63 dias após a antese, com intervalos de colheita de 9 dias, em três repetições. Os frutos foram analisados quanto a massa, diâmetros, taxa de crescimento relativo, atividade respiratória, coloração, clorofila total, carotenoides totais, firmeza, pectina solúvel e total, pH, acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS), açúcares totais, vitamina C, fenólicos totais (Folin-ciocalteau e FAST BLUE) e atividade antioxidante ( $\beta$ -Caroteno/ácido linoleico, FRAP e ABTS), composição centesimal, perfil mineral e de fenólicos. O crescimento da gabioba foi marcado pela síntese de clorofilas e carotenoides, enquanto o amadurecimento pela degradação desses compostos, com reflexos sobre a coloração da casca. Os primeiros 36 dias do desenvolvimento dos frutos foram marcados pelo aumento de sua firmeza, enquanto o amadurecimento foi marcado pelo amaciamento, acompanhado pela solubilização pécica. Redução na AT, ao longo do desenvolvimento, refletiu-se no aumento do pH. Os teores de SS e açúcares totais reduziram dos 9 aos 27 dias, aumentando em seguida até o pleno amadurecimento aos 63 dias. A concentração de vitamina C elevou-se nos primeiros dias após a antese, seguida de queda que coincidiu com o amadurecimento do fruto. Os fenólicos totais aumentaram durante os primeiros 18 dias do desenvolvimento, fase de maior taxa de crescimento, diminuindo em seguida. Os frutos apresentaram elevada atividade antioxidante, com tendência de queda ao longo do desenvolvimento. O desenvolvimento da gabioba foi marcado por alterações significativas na composição centesimal. Os teores de minerais, analisados individualmente, reduziram linearmente ao longo do desenvolvimento dos frutos. Não obstante, a ingestão de 100 gramas de gabioba madura pode contribuir com 4,47; 6,95; 3,20; 7,1; 1,54; 22,62; 9,56 e 11,11% da ingestão diária recomendada para Ca, Mg, P, K, Zn, Fe, Mn e Cu, respectivamente. Onze fenólicos foram identificados na gabioba, a saber, em ordem decrescente de concentração: trigonelina, ácido gálico, teobromina, vanilina e ácido ferúlico, *m*-cumárico, cafeico, siríngico, *p*-cumárico, rosmarínico e *trans*-cinâmico. O emprego do mapa auto-organizável de Kohonen corroborou as análises de regressão, permitindo a obtenção de dados complementares quanto ao agrupamento dos frutos colhidos em diferentes estádios e a observação das semelhanças e tendências de correlação de forma mais eficaz e intuitiva.

**Palavras-chave:** Atividade antioxidante. Compostos bioativos. Crescimento. Fruto do Cerrado. Maturação. Myrtaceae.

## ABSTRACT

*Campomanesia pubescens* is a native species from Brazil that occurs in the Cerrado biome and produces fruits known as gabioba. The objective of the present study was to evaluate the construction of the quality of gabioba, through physical, chemical and physiological analyzes throughout its development. The experiment was carried out in a completely randomized design, with treatments consisting of fruit harvested at different stages of their development, from 9 to 63 days after anthesis, with harvest intervals of 9 days, in three replications. The fruit were analyzed for mass, diameter, relative growth rate, respiratory activity, color, total chlorophyll, total carotenoids, firmness, soluble and total pectin, pH, titratable acidity (AT), soluble solids (SS), total sugars, vitamin C, total phenolic (Folin-ciocalteau and FAST BLUE), antioxidant activity ( $\beta$ -Carotene/linoleic acid, FRAP and ABTS), proximate composition and mineral and phenolic profiles. The growth of gabioba was marked by the synthesis of chlorophylls and carotenoids, while the ripening by the degradation of these compounds, with reflections on the color of the peel. The first 36 days of fruit development were marked by an increase in fruit firmness, while ripening by softening, accompanied by pectic solubilization. Reduction in AT throughout development was reflected in the increase in pH. The levels of SS and total sugars reduced from 9 to 27 days, increasing then until full ripening at 63 days. The concentration of vitamin C increased in the first days after anthesis followed by a fall that coincided with the ripening of the fruit. Total phenolic increased during the first 18 days of development, the phase with the highest growth rate, and then decreased. The fruits showed high antioxidant activity, with a tendency to decline during development. The development of gabioba was marked by significant changes in the proximate composition. The mineral contents, analyzed individually, reduced linearly, along the fruit development. Nevertheless, the ingestion of 100 grams of ripe gabioba can contribute with 4.47; 6.95; 3.20; 7.1; 1.54; 22.62; 9.56 and 11.11% of the recommended daily intake for Ca, Mg, P, K, Zn, Fe, Mn and Cu, respectively. Eleven phenolic compounds were identified in gabioba, namely, in decreasing order of concentration: trigonelline, gallic acid, theobromine, vanillin and ferulic, *m*-coumaric, caffeic, syringic, *p*-coumaric, rosmarinic and *trans*-cinnamic acids. The use of Kohonen's self-organizing map corroborated the regression analyses, allowing to obtain complementary data regarding the grouping of fruits harvested at different stages, and to observe the similarities and correlation trends in a more effective and intuitive way.

**Keywords:** Antioxidant activity. Bioactive compounds. Growth. Cerrado fruit. Maturation. Myrtaceae.

## SUMÁRIO

|            |   |           |
|------------|---|-----------|
|            | <b>PRIMEIRA PARTE .....</b>   | <b>11</b> |
| <b>1</b>   | <b>INTRODUÇÃO .....</b>   | <b>11</b> |
| <b>2</b>   | <b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>   | <b>13</b> |
| <b>2.1</b> | <b>Cerrado .....</b>  | <b>13</b> |
| <b>2.2</b> | <b>Gabiroba (<i>Campomanesia pubescens</i>) .....</b>   | <b>16</b> |
| <b>2.3</b> | <b>Desenvolvimento dos frutos.....</b>  | <b>19</b> |
| <b>2.4</b> | <b>Construção da qualidade.....</b>   | <b>20</b> |
| <b>2.5</b> | <b>Compostos bioativos .....</b>  | <b>24</b> |
| <b>3</b>   | <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>   | <b>26</b> |
|            | <b>REFERÊNCIAS .....</b>  | <b>27</b> |
|            | <b>SEGUNDA PARTE - ARTIGOS.....</b>   | <b>37</b> |
|            | <b>ARTIGO 1 - CONSTRUÇÃO DA QUALIDADE DE FRUTOS DE</b><br><b><i>Campomanesia pubescens</i> AO LONGO DE SEU DESENVOLVIMENTO .....</b>  | <b>37</b> |
|            | <b>ARTIGO 2 - ALTERAÇÕES NA COMPOSIÇÃO CENTESIMAL, PERFIL</b><br><b>MINERAL E FENÓLICO DE FRUTOS DE <i>Campomanesia pubescens</i> AO</b><br><b>LONGO DO DESENVOLVIMENTO .....</b> | <b>78</b> |

## PRIMEIRA PARTE

### 1 INTRODUÇÃO

O Cerrado é a segunda maior região biogeográfica da América do Sul, sendo considerada a formação savânica mais biodiversa do mundo. Ocupando uma área aproximada de dois milhões de km<sup>2</sup>, o Cerrado corresponde a cerca de 25% do território brasileiro (INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE, 2021). As plantas desse bioma apresentam-se adaptadas a longos períodos de secas ou períodos de alta precipitação, solo pobre, grande incidência de incêndios e de radiação ultravioleta (REIS; SCHIMILE, 2019).

*Campomanesia pubescens*, espécie nativa do Brasil encontrada no bioma Cerrado das regiões Centro-Oeste a Sudeste (DOUSSEAU *et al.*, 2011), produz frutos popularmente conhecidos como gabioba, guabioba e guabioba-do-campo (CENTOFANTE, 2020). Os frutos apresentam elevados teores de ácido ascórbico (1000 mg 100 g<sup>-1</sup>) e compostos fenólicos totais (1222,59 mg GAE 100 g<sup>-1</sup>) e alta atividade antioxidante (DPPH, FRAP e ORAC) (ALVES *et al.*, 2017; DA SILVA *et al.*, 2013), e seu óleo essencial apresenta atividade antimicrobiana (CHANG *et al.*, 2011). Estudos com o extrato obtido das frutas e folhas de plantas desse gênero têm demonstrado uso potencial para terapias ansiolíticas e antidepressivas, além de apresentar baixa toxicidade, atividade antioxidante, anti-inflamatória e presença de sesquiterpenos e triterpenos (CARDOSO *et al.*, 2008; CATELAN *et al.*, 2018; GUERRERO *et al.*, 2010; VILLAS BOAS *et al.*, 2018a, 2018b, 2018c).

O desenvolvimento dos frutos é marcado por processos fisiológicos, bioquímicos e genéticos complexos que permitem a construção de sua qualidade. A antese é considerada o ponto de partida do desenvolvimento dos frutos, seguida pelo crescimento, que se sobrepõe, pelo menos em parte, à maturação. Durante o amadurecimento, etapa final da maturação, alterações na qualidade, sob a perspectiva sensorial e nutricional, tornam o fruto atrativo para agentes dispersores de sementes e importantes na propagação das espécies. A senescência, que segue o amadurecimento, é marcada por reações de degradação que culminam com a morte celular programada geneticamente, que é o ponto final do desenvolvimento dos frutos.

Embora o número de estudos publicados sobre frutos do Cerrado venha crescendo nos últimos anos, há uma grande lacuna quanto à construção da qualidade desses frutos ao longo do desenvolvimento. Silva *et al.* (2009) publicaram um artigo científico sobre o desenvolvimento da gabioba produzida no Sul de Minas Gerais. Por se tratar de fruto nativo

propagado sexuadamente, as variações genéticas são esperadas, o que sugere a avaliação de frutos de diversas áreas de produção.

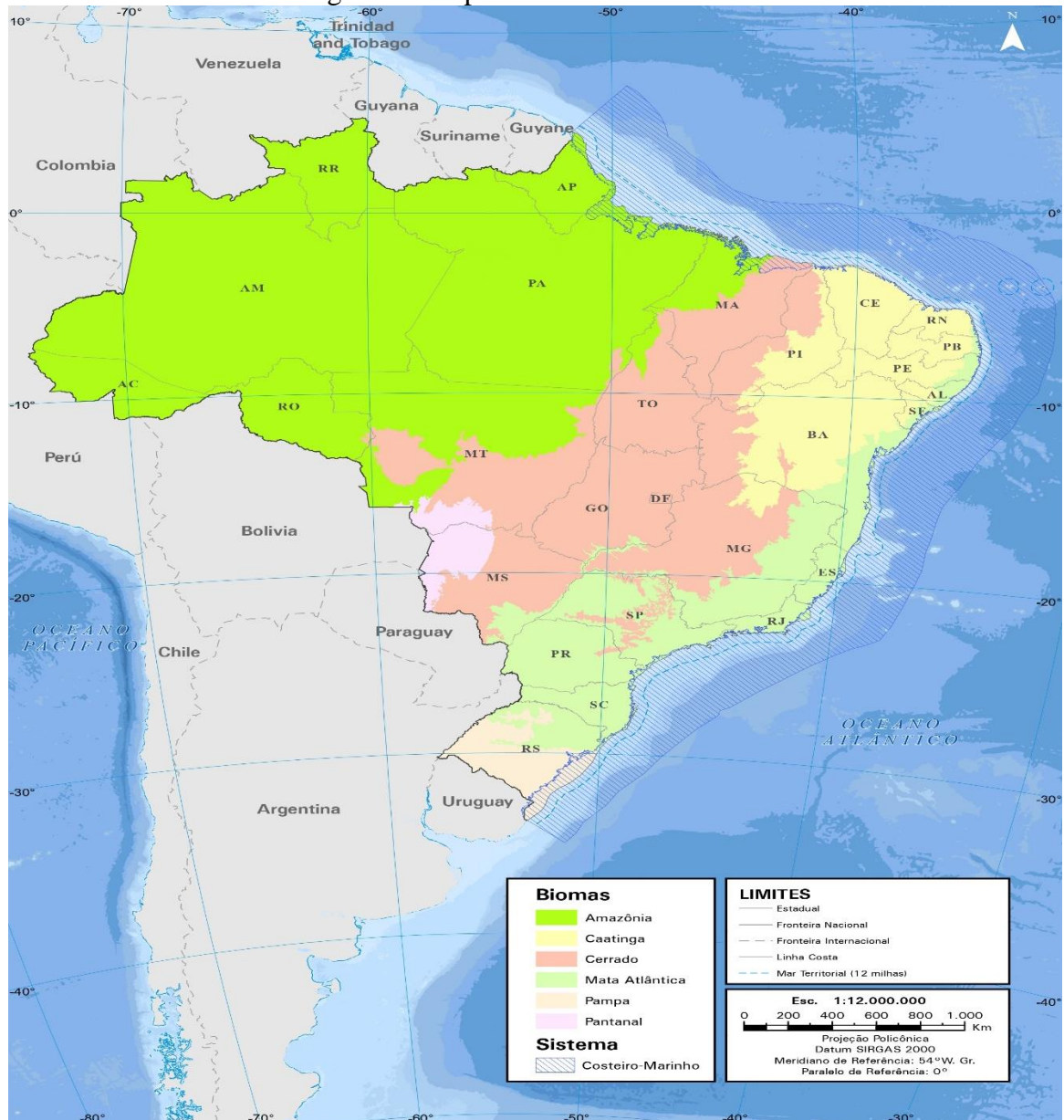
Isso posto, o presente trabalho teve por finalidade investigar as alterações decorrentes do processo de desenvolvimento de frutos de *Campomanesia pubescens* oriundos de Campos das Vertentes – MG. Após extensa revisão bibliográfica, constatou-se na literatura científica apenas um artigo sobre o desenvolvimento da gabioba (SILVA *et al.*, 2009). Não obstante, o caráter inédito do presente trabalho é enfatizado por se tratar de estudo envolvendo frutos oriundos de área de produção diferente daquela onde os frutos do primeiro estudo publicado foram colhidos e por apresentar um rol de análises mais amplo do que o já publicado, com ênfase para análises de composição centesimal, perfil mineral, fenólico e atividade antioxidante. Ademais, pela primeira vez frutos de *Campomanesia pubescens* colhidos ao longo do desenvolvimento foram agrupados, de acordo com o mapa auto-organizável de Kohonen, um tipo de Rede Neural Artificial.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Cerrado**

O Cerrado, um dos seis biomas encontrados no Brasil, ocorre principalmente no Planalto Central, estando presente nos estados de Bahia, Distrito Federal, Goiás, Maranhão, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Minas Gerais, Paraná, Piauí, Rondônia, São Paulo e Tocantins, correspondendo a 25% do território brasileiro (FIGURA 1) (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE, 2019; SANO *et al.*, 2010). Em termos de área é superado apenas pela Amazônia, no Brasil (KLINK; MACHADO, 2005; RATTER; RIBEIRO; BRIDGEWATER, 1997). O Cerrado também é conhecido como a savana brasileira, visto que a vegetação savânica predomina nesse bioma.

Figura 1 - Mapa dos biomas brasileiros.



Fonte: IBGE (2019).

O bioma citado pode ser brevemente descrito como uma comunidade de árvores e arbustos grandes, em geral com cerca de 2 - 8 m de altura. Pertencentes a múltiplas espécies, produzem uma cobertura de 10 - 60% com uma camada de solo gramada bem desenvolvida. As árvores apresentam forma característica de savana, com troncos retorcidos, casca espessa e folhas duras esclerófilas, sendo algumas perenes enquanto outras são caducifólias por períodos variáveis da estação seca. O solo geralmente possui 60 cm de altura, recoberto por diversas espécies de gramíneas e junças, com destaque para aquelas das famílias *Leguminosae*, *Compositae*, *Myrtaceae* e *Rubiaceae* (RATTER; RIBEIRO; BRIDGEWATER, 1997).

As plantas desse bioma apresentam adaptações às condições ambientais distintas, como: longos períodos de secas ou períodos de alta precipitação, solos pobres, grande incidência de incêndios e de radiação UV. Diante de condições tão adversas, as plantas necessitam, durante o seu desenvolvimento, de mecanismos de defesa contra estresses bióticos e abióticos. Com isso, pode-se associar a presença de compostos bioativos que desempenham tais funções nas plantas (REIS; SCHIMILE, 2019). Dentre esses compostos bioativos, pode-se destacar a presença de fenólicos, especialmente os taninos, os quais são responsáveis pela atividade terapêutica das plantas desse bioma (ALBUQUERQUE; RAMOS; MELO, 2012).

O cerrado brasileiro apresenta grandes recursos naturais renováveis, com destaque para as inúmeras espécies frutíferas, cujos frutos possuem características sensoriais peculiares. Tais características atribuem aos frutos um elevado potencial de exploração nacional e internacional, aguçando o interesse dos consumidores e das indústrias, as quais buscam por constantes inovações (MORZELLE *et al.*, 2015). Segundo Silva *et al.* (2008), os frutos do cerrado podem contribuir em proporções consideráveis com a ingestão dietética recomendada, sendo fontes alternativas de nutrientes.

Os possíveis benefícios do consumo de frutos do cerrado têm contribuído para o impulsionamento dos estudos, sobretudo em relação ao teor de compostos bioativos, em frutos como mangaba (*Hancornia speciosa*) (CARDOSO *et al.*, 2014; SCHIASSI *et al.*, 2018), gabioba (*Campomanesia*) (ABREU *et al.*, 2020; BARBIERI *et al.*, 2022; DA SILVA *et al.*, 2013; SILVA *et al.*, 2009), araçá (*Psidium cattleianum*) (HAMACEK *et al.*, 2013; SCHIASSI *et al.*, 2018), tamarindo (*Tamarindus indica* L) (HAMACEK *et al.*, 2013), buriti (*Mauritia flexuosa*) (HAMACEK *et al.*, 2018; OLIVEIRA *et al.*, 2022; SILVA *et al.*, 2022), cajá (*Spondias mombin* L) (BRITO *et al.*, 2022; SCHIASSI *et al.*, 2018; SILVA *et al.*, 2018), marolo (*Annona crassiflora* Mart.) (CARVALHO *et al.*, 2022; SCHIASSI *et al.*, 2018), pequi (*Caryocar brasiliense*) (NASCIMENTO-SILVA; NAVES, 2019; SANTOS *et al.*, 2022), araticum (*Annona crassiflora*) (ARRUDA; PASTORE, 2019); e cajuzinho do cerrado (*Anacardium othonianum* Rizzini) (OLIVEIRA *et al.*, 2019). Além de alguns produtos e subprodutos de frutos do cerrado (ALMEIDA *et al.*, 2021; ARAÚJO *et al.*, 2018; BEMFEITO *et al.*, 2020; CAMPIDELLI *et al.*, 2020; DA CUNHA *et al.*, 2020a, 2020b; DA SILVA *et al.*, 2014; FARIAS *et al.*, 2019; GONÇALVES *et al.*, 2020; LORENZO; SANTOS; LANNES, 2022; PRADO *et al.*, 2022; SILVA *et al.*, 2020; ZITHA *et al.*, 2022).

Contudo, o conhecimento das características e propriedades dos frutos, incluindo casca, polpa e semente, é de extrema importância para o desenvolvimento de estudos de possíveis aplicações desses frutos. Apesar de todas as aplicações potenciais, os frutos do Cerrado têm



sido negligenciados por inúmeros setores. Na atualidade, esses frutos representam razoável importância econômica apenas para comunidades locais e famílias de baixa renda. Infelizmente, mudanças no método de produção e extração para a cadeia de abastecimento organizada estão distantes de se tornarem realidade no Brasil (SILVA; FONSECA, 2016).

Os estudos relacionados aos frutos e plantas do cerrado brasileiro têm se elevado, incluindo espécies do gênero *Campomanesia* pertencentes à família Myrtaceae (SILVA; FONSECA, 2016), a qual possui aproximadamente 133 gêneros e mais de 3800 espécies (WILSON *et al.*, 2001).

## 2.2 Gabiroba (*Campomanesia pubescens*)

A *Campomanesia pubescens*, popularmente conhecida como gabirobeira, é um arbusto cuja altura varia entre 60 a 80 centímetros, ocorrendo normalmente em moitas com período de frutificação que compreende os meses de setembro e outubro (CARDOSO *et al.*, 2010; SILVA *et al.*, 2009) (FIGURA 2).

Figura 2 - Arbusto de *Campomanesia pubescens*.



Fonte: Do autor (2022).

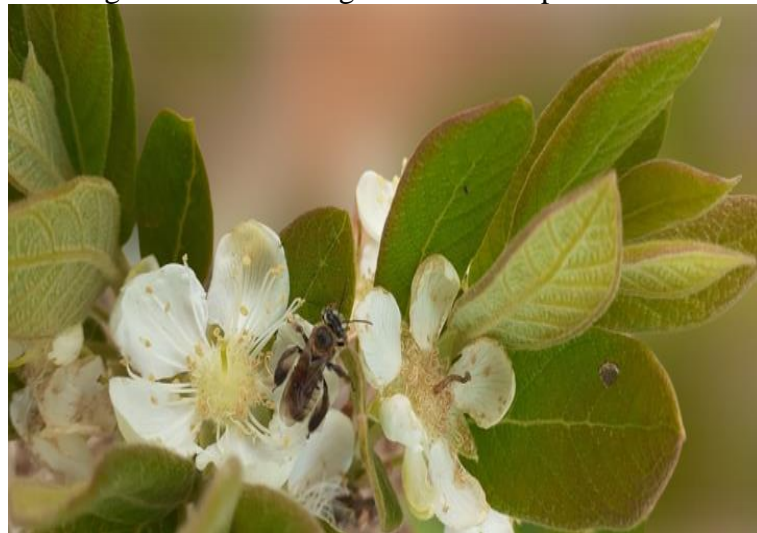
Considerada uma planta melífera e ornamental, ela desfolha e reveste-se inteiramente de delicadas flores, no período de floração (FIGURA 3) (ALMEIDA; NAVES; XIMENES, 2000). As flores das espécies da família Myrtaceae abrem ao nascer do sol e duram apenas um dia, liberando pólen nas primeiras horas da manhã, sendo polinizadas principalmente por abelhas (FIGURA 4) (FIDALGO; KLEINERT, 2009).

Figura 3 - Floração da gabioba.



Fonte: Do autor (2022).

Figura 4 - Flores de gabioba sendo polinizadas.



Fonte: Do autor (2022).

Como outras espécies da mesma família, apresentam frutos (FIGURA 5) adocicados, podendo ser consumidos *in natura* ou processados na forma de farinhas, polpas, sucos, licores, geleias, doces, refrescos, pudins, batidas ou curtidas na cachaça (CARDOSO *et al.*, 2010; DOUSSEAU *et al.*, 2011; SILVA *et al.*, 2009).

Figura 5 - Frutos de gabiroba.



Fonte: Do autor (2022).

A gabiroba, como é conhecido o fruto de *Campomanesia pubescens*, apresenta-se com baixo rendimento de polpa (46,24%), possuindo um rendimento que se assemelha a do araticum do cerrado (45,9%) (PIMENTA *et al.*, 2014), elevados teores de umidade, fibras e teores apreciáveis de nutrientes. Também é considerada rica fonte de compostos fenólicos e possui alta atividade antioxidante (ALVES *et al.*, 2013). Os frutos apresentam comportamento respiratório climatérico, sendo seu amadurecimento caracterizado pela elevação na taxa respiratória, sólidos solúveis, pH, pectina solúvel e atividade de poligalacturonase, diminuição da firmeza e alterações associadas à coloração por volta do 43º dia após a antese (SILVA *et al.*, 2009).

Segundo Da Silva *et al.* (2013), ao estudar o efeito da temperatura na vida de prateleira pós-colheita da gabiroba, a temperatura ideal para se armazenar a gabiroba, levando-se em consideração os níveis de compostos funcionais como vitamina C, compostos fenólicos e taninos, é a de 6 °C quando o armazenamento for a longo prazo, contudo quando o armazenamento for a curto prazo a temperatura ideal é de 12 °C, pois em tal temperatura os níveis de vitamina C e compostos fenólicos são bem preservados.

Diferentes partes das plantas do gênero *Campomanesia* apresentam atividades biológicas distintas, que vão de antioxidantes à antiproliferativa, associadas a compostos provenientes do metabolismo secundário. Plantas pertencentes a esse gênero destacam-se pela presença de ácidos fenólicos, flavonoides, antocianinas e taninos. Contudo, há muito a ser explorado ainda, como sua atividade biológica e toxicidade, sendo que possíveis mecanismos de ação são lacunas a serem preenchidas (CARDOSO; CATELAN, 2021; DUARTE *et al.*, 2020).



### 2.3 Desenvolvimento dos frutos

Os frutos são oriundos do desenvolvimento do ovário das plantas angiospermas. Quando fecundados, os óvulos transformam-se em sementes, porém, se não houver a fecundação, ocorre a formação de um fruto partenocárpico, isso é, sem sementes (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

O desenvolvimento dos frutos envolve etapas como formação, crescimento e maturação, que ocorrem por meio de diversos processos fisiológicos e bioquímicos geneticamente programados, os quais culminam com a senescência e morte celular. Durante o desenvolvimento do vegetal e seus órgãos, como os frutos, a respiração é considerada o principal processo pelo qual a energia potencial é convertida em cinética. Sacarose e amido são os principais carboidratos de reserva utilizados nesse processo. Tais produtos da fotossíntese são completamente oxidados na presença de oxigênio transformando-se em dióxido de carbono e água com a produção de ATP e NADPH. Logo, essas moléculas são a forma na qual a energia é armazenada no interior das células. Na ausência de oxigênio ocorre a respiração anaeróbica, que culmina em degradação parcial dos carboidratos e baixa produção de energia (ESKIN; HOEHN, 2015).

Ressalta-se que mesmo após a colheita os frutos mantêm seu estado vivo, respirando. De fato, a respiração é o principal processo fisiológico do fruto após a colheita, pois ele não dispõe mais das substâncias ofertadas pela planta mãe, sendo necessária a utilização de reservas acumuladas durante o crescimento e maturação (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

De acordo com seu padrão respiratório, os frutos são classificados como climatéricos ou não climatéricos. Os frutos climatéricos apresentam uma elevação da taxa respiratória, além de um aumento na produção de etileno, normalmente no início do amadurecimento. Tomate, maçã, pêssego e banana são exemplos de frutos climatéricos. Em contrapartida, frutas não climatéricas apresentam uma queda contínua na atividade respiratória e uma produção estável e basal de etileno, ao longo de todo desenvolvimento. Citros, uva e morango são exemplos de frutos não climatéricos. Contudo, essas classificações não são absolutas, visto que alguns frutos não apresentam comportamentos tão claros. Melão e pimentão podem apresentar ambas as classificações (climatérica ou não climatérica), e algumas frutas não climatéricas exibem fenótipos de amadurecimento aprimorado em resposta ao etileno exógeno. Entretanto, a elevação da síntese de etileno no início do amadurecimento é necessária para o amadurecimento normal de muitas frutas (BARRY; GIOVANNONI, 2007).

Os frutos podem apresentar curvas de crescimento sigmoideal simples ou duplo. No sigmoideal simples o fruto apresenta, a partir de sua formação, uma elevação na sua taxa de crescimento, seguida de redução, até que o crescimento seja totalmente interrompido, já no fruto adulto e maturo. No crescimento sigmoideal duplo há um substancial aumento na taxa de crescimento após a formação do fruto, seguido de queda. Após um período de estabilização, novo aumento é observado, normalmente durante um curto período antes da maturação, seguido por nova queda (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

O estudo da taxa de crescimento dos frutos tem grande importância para o conhecimento das diferentes fases fenológicas envolvidas no desenvolvimento do fruto, como estágio de maior ganho de massa ou início da maturação, auxiliando na definição de um melhor período de adoção de práticas culturais, como adubação e irrigação, bem como de colheita. Por meio de tal análise torna-se possível verificar períodos críticos no desenvolvimento dos frutos, o que possibilita a produção de frutos com alta qualidade (BERILLI *et al.*, 2007).

De acordo com Silva *et al.* (2009), o período compreendido entre a abertura da flor (antese) e o amadurecimento dos frutos de *Campomanesia pubescens*, produzidos no Sul de Minas Gerais, foi de 63 dias (9 semanas). A gabioba atingiu seu tamanho máximo aos 63 dias após a antese, com 4,26 g, 17,39 mm e 16,03 mm, para massa, diâmetros transversal e longitudinal, respectivamente. Os autores definiram a gabioba como fruto climatérico com padrão de crescimento sigmoideal simples.

## **2.4 Construção da qualidade**

A qualidade dos frutos é construída ao longo de seu desenvolvimento, a partir de alterações físicas e químicas oriundas do metabolismo. Caso técnicas adequadas pré e pós-colheita não sejam assumidas, essa qualidade pode ser comprometida, o que pode levar a perdas.

Atributos sensoriais, nutricionais e funcionais estão diretamente relacionados à qualidade dos frutos. Visto que os frutos, mesmo após a colheita, são entidades vivas e metabolicamente ativas, alterações nesses atributos são observadas durante o desenvolvimento, o que interfere na sua qualidade. Dentre as principais alterações sensoriais, destacam-se aquelas associadas à aparência, sabor e textura.

A coloração é um quesito de extrema importância, considerado na avaliação da aparência. Nos vegetais há quatro classes primárias de pigmentos com base na composição química, sendo elas as clorofilas, carotenoides, flavonoides (principalmente antocianinas) e

betalaínas (WATKINS, 2019). Além de afetarem a aparência, os pigmentos têm sido associados ao valor nutricional e potencial funcional de vegetais (CÖMERT; MOGOL; GÖKMEN, 2019).

O sabor é a sensação conjunta do gosto e aroma, influenciado ainda por sensações táteis. Enquanto o aroma de um fruto é ditado pela emissão de voláteis, o gosto é proporcionado por vários componentes não voláteis, principalmente açúcares e ácidos, que determinam sua doçura e acidez. Ademais, a presença de fenólicos e terpenoides pode conferir amargor em alguns frutos (ESKIN; HOEHN, 2015). Ressalta-se que a importância dos sais minerais não deve ser descartada na determinação do gosto dos frutos.

Durante o desenvolvimento dos frutos, os níveis de ácidos orgânicos geralmente estão inversamente relacionados aos níveis de açúcares. Normalmente, durante o amadurecimento, os açúcares se acumulam e os ácidos orgânicos sofrem redução, tornando o fruto mais doce e menos ácido. Malato, citrato e tartarato são tidos com os ácidos orgânicos mais abundantes, sejam em frutas climatéricas e não climatéricas (BATISTA-SILVA *et al.*, 2018).

Com o avanço no amadurecimento, disparado e acelerado pelo etileno, observam-se mudanças associadas à qualidade, que envolvem uma série de alterações bioquímicas e fisiológicas, como degradação de clorofila e amido, biossíntese de outros pigmentos e compostos voláteis, acúmulo de açúcares e degradação de ácidos orgânicos e amaciamento (PRINSI *et al.*, 2011).

Os frutos de *Campomanesia pubescens* apresentam, ao longo do desenvolvimento, alterações no metabolismo que culminam com o amarelecimento da casca e aumento dos sólidos solúveis, pH, pectina solúvel e redução da acidez titulável e firmeza da polpa do fruto maduro (SILVA *et al.*, 2009). Contudo, frutos da mesma espécie podem apresentar uma composição química distinta, havendo diversos relatos na literatura que comprovam o fato citado, como pode ser verificado na Tabela 1.

Tabela 1 – Composição química de frutos da espécie *Campomanesia* (Continua).

|  | <i>C. aurea</i>                | <i>C. xantocarpa</i> O. Berg       | <i>C. eugenoides</i>              | <i>C. Xanthocarpa</i><br>(Berg)   | <i>C.xanthocarpa</i> var.<br><i>littoralis</i> |
|--|--------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--|
| pH   | 4,16                           | -                                  | 4,13                              | 4,18                              | 3,71   |
| AT (%)   | 0,36                           | -                                  | 0,51                              | 0,43                              | 0,84   |
| SS (%)   | 9,86 – 14,37                   | -                                  | 14,9                              | 17,8                              | 19,3   |
| Umidade (g/100 g <sup>-1</sup> )                     | -                              | -                                  | 73,96                             | 79,87                             | 75,16  |
| Extrato etéreo (g/100 g <sup>-1</sup> )              | -                              | -                                  | 0,39                              | 1,56                              | 1,01   |
| Fibra (g/100 g <sup>-1</sup> )                       | -                              | -                                  | 2,36                              | 1,79                              | 4,56   |
| Cinzas (g/100 g <sup>-1</sup> )                      | -                              | -                                  | 0,78                              | 0,42                              | 0,72   |
| Extrato livre de nitrogênio (g/100 g <sup>-1</sup> ) | -                              | -                                  | 21,64                             | 15,33                             | 17,15  |
| Proteína (g/100 g <sup>-1</sup> )                    | -                              | -                                  | 0,88                              | 1,04                              | 1,33   |
| Açúcar total (g/100 g <sup>-1</sup> )                | -                              | -                                  | -                                 | -                                 | -  |
| Açúcares redutores (g/100 g <sup>-1</sup> )          | -                              | -                                  | -                                 | -                                 | -  |
| Açúcares não redutores (g/100 g <sup>-1</sup> )      | -                              | -                                  | -                                 | -                                 | -  |
| Pectina total (g/100 g <sup>-1</sup> )               | -                              | -                                  | -                                 | -                                 | -  |
| Pectina solúvel (g/100 g <sup>-1</sup> )             | -                              | -                                  | -                                 | -                                 | -  |
| Vitamina C (g/100 g <sup>-1</sup> )                  | 50,99 – 96,74                  | 2,389-3,683                        | 1049                              | 170,67                            | 86   |
| Vitamina A (g/Kg)                                    | -                              | 0,005-0,131                        | -                                 | -                                 | -  |
| Carotenoides totais (g/Kg)                           | -                              | 0,01399-0,03058                    | 25,68                             | 32,03                             | 61,48  |
| ABTS (µM trolox g <sup>-1</sup> )                    | -                              | -                                  | -                                 | -                                 | -  |
| FRAP (µM de sulfato ferroso g <sup>-1</sup> )        | -                              | -                                  | -                                 | -                                 | -  |
| DPPH (mg DPPH/g)                                     | -                              | -                                  | -                                 | -                                 | -  |
| Potássio (mg 100 g <sup>-1</sup> )                   | -                              | -                                  | 331,36                            | 209,25                            | 276,44   |
| Cálcio (mg 100 g <sup>-1</sup> )                     | -                              | -                                  | 73,23                             | 13,37                             | 59,27  |
| Magnésio (mg 100 g <sup>-1</sup> )                   | -                              | -                                  | 21,74                             | 14,35                             | 23,59  |
| Fosforo (mg 100 g <sup>-1</sup> )                    | -                              | -                                  | 32,96                             | 26,44                             | 32,69  |
| Sódio (mg 100 g <sup>-1</sup> )                      | -                              | -                                  | < 5,0                             | < 5,0                             | < 5,0  |
| Ferro (mg 100 g <sup>-1</sup> )                      | -                              | -                                  | 1,40                              | 1,25                              | 1,72   |
| Zinco (mg 100 g <sup>-1</sup> )                      | -                              | -                                  | 0,4                               | 0,18                              | 0,31   |
| Manganês (mg 100 g <sup>-1</sup> )                   | -                              | -                                  | < 2,5                             | < 2,5                             | < 2,5  |
| Cobre (mg 100 g <sup>-1</sup> )                      | -                              | -                                  | < 5,5                             | < 5,5                             | < 5,5  |
| Fonte  | (EMER <i>et al.</i> ,<br>2018) | (SCHIMIDT <i>et al.</i> ,<br>2019) | (VERRUCK <i>et al.</i> ,<br>2020) | (VERRUCK <i>et al.</i> ,<br>2020) | (VERRUCK <i>et al.</i> , 2020)                 |

Tabela 1 – Composição química de frutos da espécie *Campomanesia* (Conclusão).

|  | <i>C. rufa</i>               | <i>C. pubescens</i>           | <i>C. xanthocarpa</i>        | <i>C. adamantium</i>         | <i>C. cambessedeanana</i>        | <i>C. phaea</i>                  |
|--|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| pH   | 3,4                          | 4,5                           | 3,24                         | 3,76                         | 4,25                             | -                                |
| AT (%)   | 1,21                         | 1,3                           | 1,8                          | 11,20 (mg/g <sup>-1</sup> )  | 0,19                             | 3,48                             |
| SS (%)   | 10,80                        | 13,5                          | 10,54                        | 11,78                        | 11,70                            | 13,30                            |
| Umidade (g/100 g <sup>-1</sup> )                     | 78,86                        | -                             | -                            | 78,24                        | 77,02                            | -                                |
| Extrato etéreo (g/100 g <sup>-1</sup> )              | 0,18                         | -                             | -                            | -                            | 1,32                             | -                                |
| Fibra (g/100 g <sup>-1</sup> )                       | 4,56                         | -                             | -                            | -                            | 4,14                             | -                                |
| Cinzas (g/100 g <sup>-1</sup> )                      | 0,61                         | -                             | -                            | 21,40                        | 0,41                             | -                                |
| Extrato livre de nitrogênio (g/100 g <sup>-1</sup> ) | 14,98                        | -                             | -                            | -                            | 15,668                           | -                                |
| Proteína (g/100 g <sup>-1</sup> )                    | 0,72                         | -                             | -                            | -                            | 1,43                             | -                                |
| Açúcar total (g/100 g <sup>-1</sup> )                | 6,88                         | -                             | -                            | -                            | -                                | -                                |
| Açúcares Redutores (g/100 g <sup>-1</sup> )          | -                            | -                             | -                            | -                            | 8,35                             | -                                |
| Açúcares não redutores (g/100 g <sup>-1</sup> )      | -                            | -                             | -                            | -                            | 1,1                              | -                                |
| Pectina total (g/100 g <sup>-1</sup> )               | 1246,35                      | 250                           | -                            | -                            | 258,54                           | -                                |
| Pectina solúvel (g /100 g <sup>-1</sup> )            | 195,93                       | 150                           | -                            | -                            | 131,15                           | -                                |
| Vitamina C (g/100 g <sup>-1</sup> )                  | 263,60                       | 600                           | 40,65                        | -                            | 383,33                           | 127,40                           |
| Vitamina A (g/Kg)                                    | -                            | -                             | -                            | -                            | -                                | -                                |
| Carotenoides totais (g/Kg)                           | -                            | -                             | -                            | -                            | -                                | -                                |
| ABTS (μM trolox g <sup>-1</sup> )                    | 1862,81                      | -                             | -                            | -                            | -                                | -                                |
| FRAP (μM de sulfato ferroso g <sup>-1</sup> )        | 1443,47                      | -                             | -                            | -                            | -                                | -                                |
| DPPH (mg DPPH/g)                                     | -                            | -                             | -                            | -                            | 49                               | -                                |
| Fonte  | (ABREU <i>et al.</i> , 2020) | (SILVA <i>et al.</i> , 2009). | (SOUZA <i>et al.</i> , 2018) | (SOUZA <i>et al.</i> , 2019) | (MORZELLE <i>et al.</i> , 2015). | (BIANCHINI <i>et al.</i> , 2016) |

Fonte: Do autor (2022).



## 2.5 Compostos bioativos

Os compostos bioativos são provenientes do metabolismo secundário das plantas, possuindo um grande potencial terapêutico. Eles têm a habilidade de sequestrar espécies reativas de oxigênio, o que lhes confere atividade antioxidante. Os fenólicos, carotenoides e vitamina C são os principais compostos bioativos, ou fitoquímicos, encontrados em frutas e hortaliças relacionados à saúde (SINGH *et al.*, 2016).

Os compostos fenólicos representam o segundo grupo de compostos orgânicos mais abundantes no reino vegetal (sendo superados apenas pela celulose) e apresentam atividades distintas nas plantas, como suporte estrutural, proteção contra radiação ultravioleta, estresse biótico e abiótico, ação contra patógenos etc. Nos seres humanos diversas propriedades benéficas já foram comprovadas, como antioxidante, antialérgico, anti-inflamatório, anticancerígeno, anti-hipertensivo e antimicrobiano (DAGLIA, 2012), auxiliando na prevenção de doenças crônicas não transmissíveis. Segundo Sharma *et al.* (2018), os fenólicos previnem o estresse e reduzem o risco de doenças cardiovasculares e ataques cardíacos. Eles influenciam, ainda, nos atributos de qualidade dos frutos, como amargor, cor e sabor (MAQUEO; AVELLANEDA; CHANES, 2020; ROSA *et al.*, 2019).

Os fenólicos podem ser classificados com base em suas estruturas. Estão inclusos nessa classificação os flavonoides, ácidos fenólicos, estilbenos e lignanas. Os flavonoides são os principais polifenóis, os quais são identificados por possuírem uma estrutura comum composta por dois anéis aromáticos, que são ligados por três átomos de carbono, formando um heterociclo oxigenado (C6-C3-C6). Com base na variação do tipo de heterociclo, os flavonoides podem ser divididos em subclasses: flavonóis, flavanonas, flavonoides, flavolanas e isoflavonas (RUFINO *et al.*, 2020; SPENCER *et al.*, 2008).

Os flavonóis se destacam devido à sua atividade biológica e impacto na qualidade dos alimentos. São incluídos nos flavonóis a epicatequina monomérica, catequina, galocatequina, galato de epigalocatequina, procianidinas oligoméricas, prodelfinidinas e proantocianinas (BONALDO *et al.*, 2020).

As flavanonas são incluídas na dieta quase que exclusivamente a partir de frutas cítricas, embora possam ser veiculadas em menores proporções a partir da ingestão de tomates e algumas ervas aromáticas como hortelã (CHANET *et al.*, 2012).

As antocianinas são as principais representantes do grupo dos flavonoides. Além do potencial antioxidante, as antocianinas constituem o grupo de pigmentos de maior distribuição

no reino vegetal, sendo responsáveis por diversas cores nas plantas, como azul, roxo, violeta, magenta, vermelho e laranja (SCHWARTZ *et al.*, 2019).

As proantocianidinas ou flavolanas [(C6-C3-C6)<sub>n</sub>] são oligômeros ou polímeros de flavan-3-ol, compostas principalmente por unidades básicas de catequinas e epicatequinas, com alta atividade antioxidante (SMERIGLIO *et al.*, 2017).

Isoflavonas representam uma das categorias mais comuns de fitoestrogênios. Esses metabólitos secundários dos vegetais são estruturalmente parecidos com o β-estradiol e são encontrados principalmente na família *Fabaceae*, geralmente na sua forma conjugada. Antes de serem metabolizados, primeiramente passam por um processo de hidrólise (KŘÍŽOVÁ *et al.*, 2019).

Os carotenoides são os pigmentos que determinam as cores amarelo, laranja e vermelho de muitas frutas e hortaliças, contudo, quando ligados a proteínas, podem dar origem a cores verde, azul e púrpura. Eles desempenham importante função na fotossíntese e na fotoproteção nos tecidos vegetais. Além de atuarem como pigmentos, alguns carotenoides ainda possuem atividade pró-vitáminica A, como o alfa e betacarotenos e como compostos bioativos, como o licopeno, dentre outros (SCHWARTZ *et al.*, 2019).

O ácido 2,3-enediol-L-gulônico é um micronutriente, conhecido vulgarmente como ácido ascórbico ou vitamina C, além de ser considerado um composto bioativo, em função de sua alta capacidade antioxidante. Ele é encontrado naturalmente em frutas e hortaliças e, em menor quantidade, em tecidos animais e derivados. Tanto sua forma reduzida (ácido L-ascórbico), como oxidada (ácido dehidroascórbico), apresentam atividade vitamínica. A concentração de ácido dehidroascórbico encontrado em alimentos é geralmente inferior à do ácido L-ascórbico devido à taxa de oxidação do ascorbato e da hidrólise do ácido dehidroascórbico para ácido 2,3-dicetogulônico (GREGORY, 2019).

### 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio do estudo, depreende-se que o Cerrado possui uma grande biodiversidade, incluindo diversas plantas frutíferas como a *Campomanesia pubescens*, cujos frutos são conhecidos popularmente como gabioba. Apesar do potencial sensorial, nutricional e funcional da gabioba, que desperta para exploração de seu potencial mercadológico, poucos são os trabalhos presentes na literatura avaliando suas características físicas, químicas e fisiológicas ao longo do desenvolvimento. Assim, este trabalho constitui-se em ferramenta importante no intuito de se conhecer com maior veemência as alterações físicas, químicas e fisiológicas que ocorrem durante o desenvolvimento da gabioba e que interferem em seu potencial sensorial, nutricional e funcional.

## REFERÊNCIAS

- ABREU, L. A. F. de *et al.* Antioxidant activity and physico-chemical analysis of *Campomanesia rufa* (O.Berg) Nied. Fruits. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 44, p. 1-11, Sept. 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cagro/a/yYz3wVCG545xXkDP3thFbDJ/?lang=en>. Acesso em: 10 jun. 2021.
- ALBUQUERQUE, U. P.; RAMOS, M. A.; MELO, J. G. New strategies for drug discovery in tropical forest based on ethnobotanical and chemical ecological studies. **Journal of Ethnopharmacology**, [Clare], v. 140, n. 1, p. 197-201, Mar. 2012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378874111009202>. Acesso em: 11 jun. 2021.
- ALMEIDA, F. L. C. *et al.* Mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) beverage as an alternative wine. **Journal of Food Processing and Preservation**, [Malden], v. 45, n. 11, p. 1-11, Nov. 2021. Disponível em: <https://ifst.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jfpp.15779>. Acesso em: 15 jan. 2022.
- ALMEIDA, M. J. O. de F.; NAVES, R. V.; XIMENES, P. A. Influência das abelhas (*Apis melífera*) na polinização da Gabiroba (*Campomanesia spp.*). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 30, n. 2, p. 25-28, jul./dez. 2000. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/pat/article/view/2581>. Acesso em: 10 jun. 2021.
- ALVES, A. M. *et al.* Ascorbic acid and phenolic contents, antioxidante capacity and flavonoids composition of Brazilian Savannanh native fruits. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 37, n. 4, p. 564-569, Oct./Dec. 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cta/a/CyjKC3VLznK3BFY5Lqx67Hk/?lang=en>. Acesso em: 10 jun. 2021.
- ALVES, A. M. *et al.* Physical and chemical characterization, total phenolic and antioxidante activity of the gabiroba pulp and residue. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 35, n. 3, p. 837-844, Sept. 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/WbwB3464Br5dbb4vbk9DGwF/abstract/?lang=en>. Acesso em: 10 jun. 2021.
- ARAÚJO, A. C. M. A. *et al.* Bioactive compounds and chemical composition of Brazilian Cerrado fruits' wastes: pequi almonds, murici, and Sweet passion fruit seeds. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 38, n. 1, p. 203-214, Dec. 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cta/a/pFTjzxD4kvb5B7yY6DkPmHf/abstract/?lang=en>. Acesso em: 11 jun. 2021.
- ARRUDA, H. S.; PASTORE, G. M. Araticum (*Annona Crassiflora* Mart.) as a source of nutrientes and bioactive compounds for food and-food and non-food purpose. A comprehensive review. **Food Research International**, [Amsterdam], v. 123, p. 450-480, Sept. 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S096399691930314X>. Acesso em: 11 jun. 2021.

- BARBIERE, S. F. *et al.* Isolation, NMR characterization and bioactivity of a (4-O-methyl- $\alpha$ -D-glucurono)- $\beta$ -D-xylan from *Campomanesia xanthocarpa* Berg fruits. **International Journal of Biological Macromolecules**, [Amsterdam], v. 207, p. 893-904, May 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0141813022006195>. Acesso em: 05 jul. 2021.
- BARRY, C. S.; GIOVANNONI, J. J. Ethylene and fruit ripening. **Journal of Plant Growth Regulation**, [New York], v. 26, n. 2, p. 143-159, Jan. 2007. Disponível em: <https://pubag.nal.usda.gov/catalog/2640>. Acesso em: 05 jul. 2021.
- BATISTA-SILVA, W. *et al.* Modifications in organic acid profiles during fruit development and ripening: correlation or causation? **Frontiers in Plant Science**, [Lausanne], v. 9, p. 1-20, Nov. 2018. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2018.01689/full>. Acesso em: 05 jul. 2021.
- BEMFEITO, C. M. *et al.* Nutritional and functional potential of pumpki (*Cucurbita moschata*) pulp and pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) peel flours. **Journal of Food Science and Technology**, [New Delhi], v. 57, p. 3920-3925, Oct. 2020. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32904012/>. Acesso em: 06 jul. 2021.
- BERILLI, S. da S. *et al.* Avaliação da taxa de crescimento de frutos de mamão (*Carica papaya* L.) em função das épocas do ano e graus-dias acumulados. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 1, p. 11-14, abr. 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/T8mBmB5vjx5B9r4PNtSTwjp/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 04 jun. 2021.
- BIANCHINI, F. G. *et al.* Caracterização morfológica e química de frutos de cambucizeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 75, n. 1, p. 10-18, jan./mar. 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/brag/a/Dyns6XjqXVDvQgs9mXPXjJt/?lang=pt>. Acesso em: 04 jun. 2021.
- BONALDO, F. *et al.* Kinetic investigations of sulfite addition to flavanols. **Scientific Reports**, [London], v. 10, p. 1-13, July 2020. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7393157/>. Acesso em: 01 fev. 2022.
- BRITO, G. O. de *et al.* Phenolic compound profile by UPLC-MS/MS and encapsulation with Chitosan of *Spondias mombin* L. Fruit peel extract from Cerrado Hotspot—Brazil. **Molecules**, [Basel], v. 27, n. 8, p. 1-17, Apr. 2022. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35458580/>. Acesso em: 01 fev. 2022.
- CAMPIDELLI, M. L. L. *et al.* Study of the nutritional, sensory and microbiological properties of food pastes made with baru almonds (*Dipteryx alata* vog.). **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 9, n. 8, p. 1-18, June 2020. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/5612>. Acesso em: 01 fev. 2022.
- CARDOSO, C. A. L.; CATELAN, T. B. S. *Campomanesia adamantium*, *C. pubescens*, *C. xanthocarpa*, *C. guazumifolia* and *sessiliflora*. In: LIMA, F. F. de; LESCANO, C. H.; OLIVEIRA, I. P. de. (eds.). **Fruits of the Brazilian Cerrado Composition and Functional Benefits**. New York: Springer, 2021. cap. 3, p. 35-46. Disponível em: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-62949-6\\_3](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-62949-6_3). Acesso em 03 fev. 2022.

- CARDOSO, C. A. L. *et al.* Antimicrobial activity of the extracts and fractions of hexanic fruits of *Campomanesia* Species (Myrtaceae). **Journal of Medicinal Food**, [New Rochelle], v. 13, n. 5, p. 1273-1276, Oct. 2010. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20828322/>. Acesso em: 02 fev. 2022.
- CARDOSO, C. A. L. *et al.* Avaliação da atividade antioxidante, toxicidade e composição química por CG-EM do extrato hexânico das folhas de *Campomanesia pubescens*. **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada**, Araraquara, v. 29, n. 3, p. 297-301, set. 2008. Disponível em: <https://rcfba.fcfar.unesp.br/index.php/ojs/article/view/476>. Acesso em: 02 fev. 2022.
- CARDOSO, L. D. *et al.* Mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) from the Brazilian Cerrado: nutritional value, carotenoids and antioxidant vitamins. **Fruits**, [France], v. 69, n. 2, p. 89-99, Feb. 2014. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/fruits/article/abs/mangaba-hancornia-speciosa-gomes-from-the-brazilian-cerrado-nutritional-value-carotenoids-and-antioxidant-vitamins/9E2F33039A7BACBD5BE0DB4BC66B460A>. Acesso em: 01 fev. 2022.
- CARVALHO, N. C. C. *et al.* Phytochemical analysis of the fruit pulp extracts from *Annona crassiflora* Mart. and evaluation of their antioxidant and antiproliferative activities. **Foods**, [Basel], v. 11, n. 14, p. 1-14, July 2022. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35885322/>. Acesso em: 01 fev. 2022.
- CATELAN, T. B. S. *et al.* Cytotoxicity, genotoxicity, antioxidant potencial and chemical composition of leaves of *Compomanesia pubescens* (Mart. Ex DC.) O. Berg. **Current Pharmaceutical Biotechnology**, [United Arab Emirates], v. 19, n. 5, p. 416-421, 2018. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29943698/>. Acesso em: 05 fev. 2022.
- CENTOFANTE, A. R. Light quality on the morphoanatomy and physiology of *Campomanesia pubescens* (DC.) O. Berg. Seedlings. **Scientia Horticulturae**, [Amsterdam], v. 259, p. 1-11, Jan. 2020. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/338306172\\_Light\\_quality\\_on\\_the\\_morphoanatomy\\_and\\_physiology\\_of\\_Campomanesia\\_pubescens\\_DC\\_O\\_Berg\\_seedlings](https://www.researchgate.net/publication/338306172_Light_quality_on_the_morphoanatomy_and_physiology_of_Campomanesia_pubescens_DC_O_Berg_seedlings). Acesso em: 15 jun. 2021.
- CHANET, A. *et al.* Citrus flavanones: what is their role in cardiovascular protection? **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [Washington], v. 60, n. 36, p. 8809-8822, Sept. 2012. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22574825/>. Acesso em: 13 mar. 2022.
- CHANG, R. *et al.* Essential oil composition and antioxidant and antimicrobial properties of *Campomanesia pubescens* O Berg, native of brazilian Cerrado. **Latin American Journal of Pharmacy**, [Buenos Aires], v. 30, n. 9, p. 1843-1848, Jan. 2011. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/279713468\\_Essential\\_oil\\_composition\\_and\\_antioxidant\\_and\\_antimicrobial\\_properties\\_of\\_Campomanesia\\_pubescens\\_O\\_Berg\\_native\\_of\\_Brazilian\\_Cerrado](https://www.researchgate.net/publication/279713468_Essential_oil_composition_and_antioxidant_and_antimicrobial_properties_of_Campomanesia_pubescens_O_Berg_native_of_Brazilian_Cerrado). Acesso em: 21 jun. 2021.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: Fisiologia e Manuseio**. 2. ed. Lavras: FAEPE, 2005.

CÖMERT, E. D.; MOGOL, B. A.; GÖKMEN, V. Relationship between color and antioxidante capacity of fruits and vegetables. **Current Research in Food Science**, [Netherlands], v. 2, p. 1-10, Nov. 2019. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32914105/>. Acesso em: 15 abr. 2022.

DA CUNHA, M. C. *et al.* Effects of processing and packaging on bioactive compounds of curriola jelly [*Pouteria ramiflora* (Mart.) Radlk.] during storage. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 41, n. 1, p. 96-104, Jan./Mar. 2020b. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cta/a/4xpj8zHwYbBGWVWyQq6kcYn/?lang=en>. Acesso em: 21 jun. 2021.

DA CUNHA, M. C. *et al.* Effect of processing, storage and type of glass packaging on the quality of jelly produced from a Brazilian Cerrado fruit. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 40, n. 2, p. 661-668, Dec. 2020a. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cta/a/fdn6rmNzk9yb9Ph5DN7DTwG/?lang=en>. Acesso em: 20 jun. 2021.

DA SILVA, C. P. *et al.* Chemical composition and antioxidante activity of jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.) flour. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 34, n. 3, p. 597-603, July/Sept. 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cta/a/y443gKtXstznBXPtGytSCp/?lang=en>. Acesso em: 22 jul. 2021.

DA SILVA, E. P. *et al.* Effect of postharvest temperature on the shelf life of gabioba fruit (*Campomanesia pubescens*). **Food Science and Technology**, Campinas, v. 33, n. 4, p. 632-637, Oct./Dec. 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cta/a/QWV4z8PTVLgvWcvYYRdfRQM/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 14 abr. 2022.

DAGLIA, M. Polyphenols as antimicrobial agents. **Current Opinion in Biotechnology**, [London], v. 23, n. 2, p. 174–181, Apr. 2012. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21925860/>. Acesso em: 10 maio 2022.

DOUSSEAU, S. *et al.* Ecofisiologia da germinação de sementes de *Campomanesia pubescens*. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 8, p. 1362-1368, ago. 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/Mq6mpTCqFCzTH4CM3VWHBPG/?lang=pt>. Acesso em: 14 jun. 2021.

DUARTE, L. de S. *et al.* *Campomanesia* genus – a literature review of nonvolatile secondary metabolites, phytochemistry, popular use, biological activities, and toxicology. **Eclética Química Journal**, Araraquara, v. 45, n. 2, p. 12-22, Apr. 2020. Disponível em: <https://www.redalyc.org/journal/429/42963115002/html/>. Acesso em: 05 jun. 2021.

EMER, A. A. *et al.* The physicochemical properties of fruits and seed germination of *Campomanesia aurea* O. Berg. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, Maringá, v. 40, n. 1, p. 1-8, Mar. 2018. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/324810588\\_The\\_physicochemical\\_properties\\_of\\_fruits\\_and\\_seed\\_germination\\_of\\_Campomanesia\\_aurea\\_O\\_Berg](https://www.researchgate.net/publication/324810588_The_physicochemical_properties_of_fruits_and_seed_germination_of_Campomanesia_aurea_O_Berg). Acesso em: 04 ago. 2021.

ESKIN, N. A. M.; HOEHN, E. Frutas e vegetais. *In*: ESKIN, N. A. M.; SHAHIDI, F. (eds.). 3. ed. **Bioquímica de alimentos**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015. p. 67-103.

FARIAS, T. R. T. *et al.* Mixed Brazilian Cerrado fruits preserves without added sugar: the effect of bodying agentes. **British Food Journal**, [Bingley], v. 121, n. 9, p. 1969-1981, July 2019. Disponível em:  
[https://www.researchgate.net/publication/334658582\\_Mixed\\_Brazilian\\_Cerrado\\_fruits\\_preserves\\_without\\_added\\_sugar\\_the\\_effect\\_of\\_bodying\\_agents](https://www.researchgate.net/publication/334658582_Mixed_Brazilian_Cerrado_fruits_preserves_without_added_sugar_the_effect_of_bodying_agents). Acesso em: 04 ago. 2021.

FIDALGO, A. de O.; KLEINERT, A. D. M. P. Reproductive biologyn of six Brazilian Myrtaceae:-is there a syndrome associated with buzz-pollination? **New Zealand Journal of Botany**, [Wellington], v. 47, n. 4, p. 355-365, July 2009. Disponível em:  
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/0028825x.2009.9672712>. Acesso em: 05 ago. 2021.

GONÇALVES, G. A. S. *et al.* How freezing methods effect the sensory profile of pasteurized and unpasteurized mangaba pulp. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 44, p. 1-12, June 2020. Disponível em:  
<https://www.scielo.br/j/cagro/a/7pwq8wkxYhb5LLBrDhXfwMQ/?lang=en>. Acesso em: 17 jan. 2022.

GREGORY, J. F. Vitaminas. *In*: DAMORAN, S.; PARKIN, L. (eds.). **Química de alimentos de Fennema**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2019. p. 540-621.

GUERRERO, F. M. G. *et al.* Investigação da toxicidade crônica das folhas de guavira (*Campomanesia pubescens*) em ratos machos. **Revista Fitos**, Jacarepaguá, v. 5, n. 2, p. 64-72, jun. 2010. Disponível em: <https://revistafitos.far.fiocruz.br/index.php/revista-fitos/article/view/115>. Acesso em: 13 mar. 2022.

HAMACEK, F. R. *et al.* Araçá of Cerrado from the Brazilian Savannah: physical characteristics, Chemical composition, and contente of carotenoids and vitamins. **Fruits**, [France], v. 68, n. 6, p. 467-481, Nov. 2013. Disponível em:  
<https://www.cambridge.org/core/journals/fruits/article/abs/araca-of-cerrado-from-the-brazilian-savannah-physical-characteristics-chemical-composition-and-content-of-carotenoids-and-vitamins/06AE6BEDFACC7529C0B26FD17778F76E>. Acesso em: 17 ago. 2021.

HAMACEK, F. R. *et al.* Buriti of cerrado of Minas Gerais, Brazil: physical and chemical characterization and contnte of carotenoids and vitamins. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 38, n. 1, p. 263-269, Dec. 2018. Disponível em:  
<https://www.scielo.br/j/cta/a/6Vyyds4JNmb93r5TJnYVw4h/abstract/?lang=en>. Acesso em: 14 ago. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ETATÍSTICA. **Biomias continentais do Brasil**. Biomias e Sistemas costeiros-Marinho do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Disponível em:  
[https://geoftp.ibge.gov.br/informacoes\\_ambientais/estudos\\_ambientais/biomias/mapas/biomias\\_e\\_sistema\\_costeiro\\_marinho\\_250mil.pdf](https://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/estudos_ambientais/biomias/mapas/biomias_e_sistema_costeiro_marinho_250mil.pdf). Acesso em: 29 maio 2021.



INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Coordenação geral de observação da terra.** Monitoramento do desmatamento no Cerrado Brasileiro por satélite. São José dos Campos: INPE, 2021. Disponível em: <http://cerrado.obt.inpe.br/>. Acesso em: 29 maio 2021.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. Conservation of the Brazilian Cerrado. **Conservation Biology**, [Malden], v. 19, n. 3, p. 707-713, June 2005. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/227512666\\_Klink\\_CA\\_Machado\\_RB\\_Conservation\\_of\\_the\\_Brazilian\\_Cerrado\\_Conserv\\_Biol\\_19\\_707-713](https://www.researchgate.net/publication/227512666_Klink_CA_Machado_RB_Conservation_of_the_Brazilian_Cerrado_Conserv_Biol_19_707-713). Acesso em: 17 maio 2021.

KŘÍŽOVÁ, L. *et al.* Isoflavones. **Molecules**, [Basel], v. 24, n. 6, p. 1-28, Mar. 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1420-3049/24/6/1076>. Acesso em: 07 jun. 2022.

LORENZO, N. D.; SANTOS, O. V. dos; LANNES, S. C. da S. Structure and nutrition of dark chocolate with pequi mesocarp (*Caryocar villosum* (Alb.) Pers.). **Food Science and Technology**, Campinas, v. 42, p. 1-12, Sept. 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cta/a/hzBkHtRbVDFFNQBH3WWMkDm/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 15 set. 2022.

MAQUEO, A. G.; AVELLANEDA, Z. E.; CHANES, J. W. Phenolic compounds in mesoamerican fruits—characterization, health potential and processing with innovative technologies. **International Journal of Molecular Sciences**, [Basel], v. 21, n. 21, p. 1-41, Nov. 2020. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33171785/>. Acesso em: 15 out. 2021.

MORZELLE, M. C. *et al.* 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, mar. 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/CspwGdNgSwZbmVzTcGRF8fk/?lang=pt>. Acesso em: 10 abr. 2021.

NASCIMENTO-SILVA, N. R. R. do; NAVES, M. M. V. Potential of whole pequi (*Caryocar* spp.) fruit-pulp, almond, oil, and shell-as a medicinal food. **Journal of Medicinal Food**, [New Rochelle], v. 22, n. 9, p. 952-962, Sept. 2019. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31074677/>. Acesso em: 15 jun. 2021.

OLIVEIRA, D. M. de *et al.* Natural occurring phenolic derivatives from *Mauritia flexuosa* (Buriti) stems and their potential antibacterial activity against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA). **Chemistry & Biodiversity**, [Weinheim], v. 19, n. 3, p. 1-16, Mar. 2022. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/cbdv.202100788>. Acesso em: 21 maio 2022.

OLIVEIRA, V. F. *et al.* Physicochemical characterization of ‘Cerrado’ cashew (*Anacardium othonianum* Rizzini) fruits and pseudofruits. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, [Chichester], v. 99, n. 14, p. 6199-6208, Nov. 2019. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31250455/>. Acesso em: 17 mar. 2022.

- PIMENTA, A. C. *et al.* Caracterização de plantas e de frutos de Araticunzeiro (*Annona crassiflora* Mart.) nativos no cerrado Matogrossense. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, n. 4, p. 892–899, dez. 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/zxTsspxW7QLvprrgzWKzGyG/?lang=pt>. Acesso em: 11 set. 2021.
- PRADO, G. M. do *et al.* Encapsulated omega-3 addition to a cashew apple/araça-boi juice – effect on sensorial acceptability and rheological properties. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 42, n. 1-9, Jan. 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cta/a/W7n3ZyT6Pv9crPMJPSZvPqw/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 05 ago. 2022.
- PRINSI, B. *et al.* Peach fruit ripening: A proteomic comparative analysis of the mesocarp of two cultivars with different flesh firmness at two ripening stages. **Phytochemistry**, [Kidlington], v. 72, n. 10, p. 1251–1262, July 2011. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21315381/>. Acesso em: 20 out. 2021.
- RATTER, J. A.; RIBEIRO, J. F.; BRIDGEWATER, S. The Brazilian cerrado vegetation and threats to its biodiversity. **Annals of Botany**, [Oxford], v. 80, n. 3, p. 223-230, Sept. 1997. Disponível em: <https://academic.oup.com/aob/article/80/3/223/2587654>. Acesso em: 26 jun. 2021.
- REIS, A. F.; SCHMIELE, M. Characteristics and potentialities of Savanna fruits in the food industry. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 22, p. 1-12, May 2019. Disponível em: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20203165758>. Acesso em: 15 jun. 2021.
- ROSA, L. A. de L. *et al.* Phenolic compounds. In: YAHIA, E. M.; CARRILLO-LÓPEZ, A. (eds.). **Postharvest physiology and biochemistry of fruits and vegetables**. Sawston: Woodhead Publishing, 2019. chapt. 12, p. 253–271.
- RUFINO, A. T. *et al.* Flavonoids as antiobesity agents: A review. **Medicinal Research Reviews**, [Hoboken], v. 41, n. 1, p. 556-585, Jan. 2020. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33084093/>. Acesso em: 18 ago. 2021.
- SANO, E. E. *et al.* Land cover mapping of the tropical savana region in Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, [Dordrecht], v. 166, n. 1-4, p. 113-124, June 2010. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10661-009-0988-4>. Acesso em: 14 ago. 2021.
- SANTOS, B. O. *et al.* Development and chemical characterization of pequi pericarp flour (*Caryocar brasiliense* Camb.) and effect of *in vitro* digestibility on the bioaccessibility of phenolic compounds. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, Campinas, v. 33, n. 9, p. 1058–1068, Sept. 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/jbchs/a/tt837xZcQWvrBVCVvPmpM6x/abstract/?lang=en>. Acesso em: 17 set. 2022.

SCHIASSI, M. C. E. V. *et al.* Fruits from the Brazilian Cerrado region: Physico-chemical characterization, bioactive compounds, antioxidant activities, and sensory evaluation. **Food Chemistry**, [Oxford], v. 245, p. 305-311, Apr. 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814617317454>. Acesso em: 10 set. 2021.

SCHMIDT, H. de O. *et al.* Vitamin and bioactive compound diversity of seven fruit species from south Brazil. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, [Chichester], v. 99, n. 7, p. 3307-3317, May 2019. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30569496/>. Acesso em: 17 dez. 2021.

SCHWARTZ, S. J. *et al.* Corantes. In: DAMORAN, S.; PARKIN, L. (eds.) **Química de alimentos de Fennema**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2019. p. 677-741.

SHARMA, A. *et al.* Phytochemical and pharmacological properties of flavonols. **Els**, [S.l.], v. 2, p. 1-14, Jan. 2018. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/9780470015902.a0027666>. Acesso em: 15 ago. 2021.

SILVA, C. A. de A.; FONSECA, G. G. Brazilian savannah fruits: Characteristics, properties, and potential applications. **Food Science and Biotechnology**, [New York], v. 25, n. 5, p. 1225-1232, Oct. 2016. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10068-016-0195-3>. Acesso em: 27 jun. 2022.

SILVA, D. S. N. *et al.* Combining high intensity ultrasound and experimental design to improve carotenoid extraction efficiency from Buriti (*Mauritia flexuosa*). **Ultrasonics Sonochemistry**, [Amsterdam], v. 88, p. 1-11, Aug. 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1350417722001699>. Acesso em: 20 fev. 2022.

SILVA, E. P da *et al.* Physical, chemical and physiological characterization of gabirola fruit (*Campomanesia pubescens*) during its development. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 4, p. 803-809, Oct./Dec. 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cta/a/6zwHg3nK3wsNzcxDvsnm6kD/abstract/?lang=en>. Acesso em: 13 maio 2021.

SILVA, J. S. *et al.* Nutritional characterization and technological functional properties of marolo pulp flour. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 9, n. 4, p. 1-20, Mar. 2020. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/340244101\\_Nutritional\\_characterization\\_and\\_technological\\_functional\\_properties\\_of\\_marolo\\_pulp\\_flour](https://www.researchgate.net/publication/340244101_Nutritional_characterization_and_technological_functional_properties_of_marolo_pulp_flour). Acesso em: 14 ago. 2022.

SILVA, M. R. *et al.* Chemical characterization of native species of fruits from savanna ecosystem. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 6, p. 1790-1793, Sept. 2008. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/262760642\\_Chemical\\_characterization\\_of\\_native\\_species\\_of\\_fruits\\_from\\_savanna\\_ecosystem](https://www.researchgate.net/publication/262760642_Chemical_characterization_of_native_species_of_fruits_from_savanna_ecosystem). Acesso em: 19 mar. 2022.

- SILVA, T. L. L. e *et al.* Physicochemical characterization and behavior of biocompounds of cajá-manga fruit (*Spondias mombin L.*). **Food Science and Technology**, Campinas, v. 38, n. 3, p. 399-406, July/Sept. 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cta/a/vv85kKzRjvQ5FVFPWxkztXr/?lang=en>. Acesso em: 15 jun. 2022.
- SINGH, B. *et al.* Bioactive compounds in banana and their associated health benefits – A review. **Food Chemistry**, [Oxford], v. 206, p. 1-11, Sept. 2016. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27041291/>. Acesso em: 24 out. 2021.
- SMERIGLIO, A. *et al.* Proanthocyanidins and hydrolysable tannins: occurrence, dietary intake and pharmacological effects. **British Journal of Pharmacology**, [Malden], v. 174, n. 11, p. 1244-1262, June 2017. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5429339/>. Acesso em: 22 out. 2021.
- SOUZA, A. G. de *et al.* Caracterização físico-química de frutos nativos da região Sul do Brasil. **Revista Evidência**, [Joaçaba], v. 18, n. 1, p. 81-94, jun. 2018. Disponível em: <https://periodicos.unoesc.edu.br/evidencia/article/view/16546>. Acesso em: 04 jun. 2022.
- SOUZA, J. L. da C. *et al.* Caracterização física e química de gabioba e murici. **Revista Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 42, n. 3, p. 792-800, ago. 2019. Disponível em: <https://revistas.rcaap.pt/rca/article/view/17521>. Acesso em: 17 jun. 2021.
- SPENCER, J. P. E. *et al.* Biomarkers of the intake of dietary polyphenols: strengths, limitations and application in nutrition research. **British Journal of Nutrition**, [Cambridge], v. 99, n. 1, p. 12-22, Jan. 2008. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17666146/>. Acesso em: 23 mar. 2021.
- VERRUCK, S. *et al.* Composição nutricional de espécies nativas de *Campomanesia spp.* **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 9, n. 7, p. 1-13, May 2020. Disponível em: [https://redib.org/Record/oai\\_articulo3002946-nutritional-composition-brazilian-native-species-campomanesia-spp](https://redib.org/Record/oai_articulo3002946-nutritional-composition-brazilian-native-species-campomanesia-spp). Acesso em: 11 jan. 2022.
- VILLAS BOAS, G. R. *et al.* Preclinical safety evaluation of the ethanolic extract from *Campomanesia pubescens* (Mart. Ex DC) O. Berg (guavira) fruits: analysis of genotoxicity and clastogenic effects. **Food & Function**, [Cambridge], v. 9, n. 7, p. 3707-3717, July 2018a. Disponível em: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2018/fo/c8fo01017j>. Acesso em: 14 fev. 2022.
- VILLAS BOAS, G. R. *et al.* Preclinical safety evaluation of the ethanolic extract from guavira fruits (*Campomanesia pubescens* (D.C) O. Berg) in experimental models of acute and short-term toxicity in rats. **Food and Chemical Toxicology**, [Oxford], v. 118, p. 1-12, Aug. 2018b. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29723584/>. Acesso em: 14 fev. 2022.
- VILLAS BOAS, G. R. *et al.* The ethanolic extract obtained from *Campomanesia pubescens* (D.C) o. BERG fruits exerts anxiolytic and antidepressant effects on chronic mild stress model and on anxiety models in Wistar rats: Behavioral evidences. **Nutritional Neuroscience**, [Leeds], v. 23, n. 1, p. 16-26, May 2018c. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/1028415X.2018.1466513?journalCode=ynns20>. Acesso em: 14 fev. 2022.

WATKINS, C. B. Fisiologia pós colheita de tecidos vegetais comestíveis. *In*: DAMORAN, S.; PARKIN, L. (eds.). **Química de alimentos de Fennema**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2019. p. 1013-1079.

WILSON, P. G. *et al.* Myrtaceae revisited: A reassessment of infrafamilial groups. **American Journal of Botany**, [St Louis], v. 88, n. 11, p. 2013-2025, Nov. 2001. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21669634/>. Acesso em: 15 maio 2022.

ZITHA, E. Z. M. *et al.* Impact of processing and packages on bioactive compounds and antioxidant activity of Mangaba jelly. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 42, p. 1-10, May 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cta/a/Hrxg7D4RFghgSRmhT33ZR4S/>. Acesso em: 11 mar. 2022.

**SEGUNDA PARTE - ARTIGOS**

**ARTIGO 1 - CONSTRUÇÃO DA QUALIDADE DE FRUTOS DE *Campomanesia pubescens* AO LONGO DE SEU DESENVOLVIMENTO**

Elaborado de acordo com a Norma NBR 6022 (ABNT, 2018)

Gilson Gustavo Lucinda Machado, Kalynka Gabriella do Livramento, Eduardo Valério de Barros Vilas Boas

Departamento de Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras, 37200-000, Lavras, Minas Gerais, Brasil.

## RESUMO

A *Campomanesia pubescens* é uma espécie frutífera nativa do Cerrado e seu fruto é popularmente conhecido como gabioba, guabioba e gabioba do campo. De sabor adocicado, o fruto é consumido *in natura* ou processado, na forma de sucos, geleias e doces. Desse modo, o presente trabalho teve como objetivo a caracterização física, química e fisiológica de frutos de *Campomanesia pubescens* oriundos dos Campos das Vertentes - MG, Brasil, ao longo do desenvolvimento, visando um melhor entendimento de seu comportamento pré e pós-colheita. A gabioba apresentou-se como sendo um fruto climatérico, com o crescimento se sobrepondo ao amadurecimento. Os estádios iniciais de desenvolvimento da gabioba, que contemplam a fase de maior taxa de crescimento e a maturação, são marcados por intensa síntese de pigmentos (carotenoides e clorofilas) e elevação do pH, firmeza, pectina total, vitamina C, fenólicos totais e atividade antioxidante. Já no amadurecimento do fruto foi notado um aumento substancial nos teores de sólidos solúveis, açúcares totais, pectina solúvel e redução da pectina total. Ao empregar o mapa auto-organizável de Kohonen, foram possíveis a obtenção de dados complementares quanto aos agrupamentos dos frutos colhidos em diferentes estádios e a observação das semelhanças e tendência de correlação de forma mais eficaz e intuitiva.

**Palavras-chave:** Atividade antioxidante. Cerrado. Compostos bioativos. Crescimento. Maturação. Vitamina C.

## ABSTRACT

*Campomanesia pubescens* is a native species from Brazilian Cerrado biome whose fruit are popularly known as gabioba, guabioba and gabioba do campo. With a sweet taste, the fruit is consumed fresh or processed, in the form of juices, jellies and candies. Thus, the objective of present work was to characterize physical, chemical and physiologically the *Campomanesia pubescens* fruit from Campos das Vertentes - MG, Brazil, throughout their development, aiming at a better understanding of their pre and post-harvest behavior. The gabioba presented a climacteric behavior, with the growth overlapping the ripening. The initial stages of gabioba development, which include the phase with the highest growth rate and the maturation, are marked by intense pigment synthesis (carotenoids and chlorophylls) and an increase in pH, firmness, total pectin, vitamin C, total phenolics and activity antioxidant. In the ripening of the fruit, a substantial increase in the contents of soluble solids, total sugars, soluble pectin, and a reduction in total pectin was noticed. By using Kohonen's self-organizing map, it was possible to obtain complementary data regarding the groupings of fruits harvested at different stages and to observe the similarities and correlation trend in a more effective and intuitive way.

**Keywords:** Antioxidant activity. Cerrado biome. Bioactive compounds. Maturation stages. Vitamin C.



## 1 INTRODUÇÃO

O Cerrado, segundo maior bioma em extensão territorial do Brasil, é considerado um dos biomas mais ricos do mundo, possuindo um imensurável recurso natural renovável, com destaque para as espécies frutíferas com características sensoriais únicas e intensas. Estima-se que cerca de 50% da área original do Cerrado atualmente estejam sendo empregados para agricultura (SANTOS *et al.*, 2021), o que conspira a favor da destruição de todo um ecossistema pouco explorado cientificamente.

Assim sendo, estudos voltados a espécies desse bioma, sobretudo aos seus frutos, podem contribuir para a preservação de sua biodiversidade. Ressalta-se que o conhecimento científico sobre o desenvolvimento de frutos de espécies do Cerrado ainda é parco, considerando-se a riqueza desse bioma. Estudos sobre o desenvolvimento são fundamentais para o entendimento da construção da qualidade dos frutos e para o estabelecimento das boas práticas pré e pós-colheita, bem como de seu ponto ideal de colheita.

A *Campomanesia pubescens* é uma espécie frutífera nativa do bioma Cerrado e seu fruto é popularmente conhecido como gabioba, guabioba e guabioba-do-campo (CENTOFANTE, 2020). Seus frutos, como de outras espécies pertencentes à mesma família (*Myrtaceae*), apresentam sabor adocicado, podendo sua polpa ser consumida *in natura* ou processada na forma de sucos, geleias e doces (SILVA *et al.*, 2009). Os frutos de diversas espécies de *Campomanesia* possuem elevado teor de compostos fenólicos, atividade antioxidante e vitamina C (ABREU *et al.*, 2020; SILVA *et al.*, 2009; VERRUCK *et al.*, 2020), sendo que os frutos de *Campomanesia pubescens* são considerados climatéricos (BALAGUERA-LÓPEZ; ARÉVALO, 2012; SANTOS *et al.*, 2015; SILVA *et al.*, 2009).

Os frutos, de forma geral, possuem grandes propriedades funcionais auxiliando na prevenção de doenças crônicas como o câncer e cardiovasculares. Seu consumo está relacionado diretamente à saúde, sobretudo devido à presença de compostos bioativos, antioxidantes e fibras dietéticas (BHARDWAJ *et al.*, 2022; MAQSOOD *et al.*, 2020; SWALLAD *et al.*, 2020). Quanto ao seu potencial funcional, com base nos teores de compostos bioativos como os fenólicos e vitamina C, a gabioba supera frutos largamente consumidos como mirtilo, uva, morango e laranja (ALAMU *et al.*, 2020; AUBERT; CHALOT, 2018; LIU *et al.*, 2022; ZIA; ALIBAS, 2021).

Silva *et al.* (2009) publicaram um artigo sobre o desenvolvimento da gabioba proveniente do município de Lavras, Sul do estado de Minas Gerais. Visto que o Brasil é um país de larga extensão territorial, novos estudos em diferentes áreas são necessários,

considerando-se o efeito de genótipos e condições edafoclimáticas sobre a construção da qualidade do fruto. Apesar de seu elevado potencial e distribuição no Cerrado, não há trabalhos na literatura relatando a caracterização do fruto na microrregião dos Campos das Vertentes, local onde se coletaram as amostras. Além disso, a determinação da taxa de crescimento relativo, carotenoides totais, açúcares totais, fenólicos, minerais, composição centesimal e atividade antioxidante da gabioba em diferentes estádios de desenvolvimento ainda não foi descrita na literatura. O que torna este trabalho inédito, por avaliar frutos de uma região ainda inexplorada pela ciência e por fornecer novos dados sobre o desenvolvimento do fruto.

Desse modo, o presente trabalho teve como objetivo a caracterização física, química e fisiológica de frutos de *Campomanesia pubescens* oriundos dos Campos das Vertentes - MG, Brasil, ao longo do desenvolvimento, visando um melhor entendimento da construção de sua qualidade.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

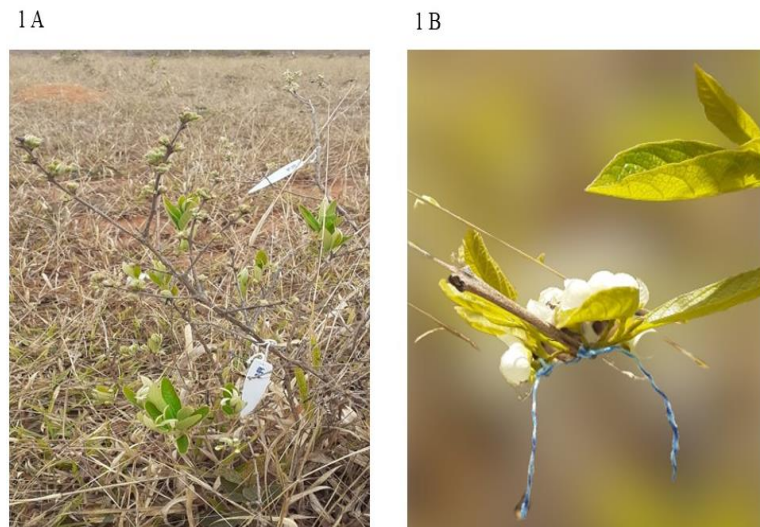
### 2.1 Delineamento experimental

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC) simples constituído por sete períodos de avaliação da gabioba (9 a 63 dias após a antese, com intervalo de colheita de 9 dias), com 3 repetições. O fruto foi avaliado até o 63º dia, tendo em vista que em tal período já havia atingido uma coloração típica do fruto maduro, caracterizado pela cor amarela da casca, sendo empregados 670 g de frutos por repetição, totalizando cerca de 2 kg de frutos por tratamento.

### 2.2 Material vegetal

Frutos de *Campomanesia pubescens* (FIGURA 1A) foram colhidos em uma área de pastagem nativa com formação típica de cerrado e com predomínio dessa espécie, na Fazenda Bela Vista, localizada a 7 km do município de Santana do Garambéu, situada nos Campos das Vertentes, Minas Gerais, Brasil (Latitude: 21° 34' 30" Sul, Longitude: 44° 4' 49" Oeste, 1044,52 m de altitude). Cerca de 150 espécimes de *Campomanesia pubescens* foram marcados com placas numeradas e acompanhados desde a floração, que se iniciou em agosto com seu ápice no mês de setembro, sendo as floradas identificadas por meio de fios de lãs de diferentes cores (FIGURA 1B) para uma melhor padronização da data de colheita. Os frutos foram colhidos nos meses de setembro, outubro e novembro de 2021, em sete estádios de desenvolvimento distintos, dos nove aos 63 dias após a antese, com um intervalo de colheita correspondente a 9 dias.

Figura 1 - *Campomanesia pubescens* marcada (1A) e em floração (1B).



Fonte: Do autor (2022).

Cerca de 2 kg de frutos foram colhidos em cada estágio de desenvolvimento, separados em três repetições e transferidos (em caixas de poliestireno contendo gelo) para o Laboratório de Pós-colheita de Frutas e Hortaliças da Universidade Federal de Lavras, onde foram preparados e analisados. Frutos com presença ou indícios de ação de patógenos, pragas e defeitos foram descartados. Parte dos frutos *in natura* foi analisada, no dia da coleta, quanto à textura, coloração e atividade respiratória. O restante pulverizado em nitrogênio líquido e armazenado em ultrafreezer (Coldlab- CL374-86V) a  $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ , até o momento da realização das demais análises.

## 2.3 Análises realizadas

### 2.3.1 Massa

A massa de 10 frutos por repetição foi avaliada em balança semianalítica Mettler, modelo PC 2000 e os resultados expressos em grama (g).

### 2.3.2 Diâmetros

Os diâmetros transversal e longitudinal de 12 frutos por repetição foram determinados com paquímetro digital (Mitutoyo) e expressos em milímetro (mm).

### 2.3.3 Taxa de crescimento relativo

A taxa de Crescimento Relativo (TCR) foi calculada com base nas variáveis massa e diâmetros transversal e longitudinal. A seguinte equação 1 foi considerada:

$$\text{TCR} = (V_1 - V_0) / (T_1 - T_0) \quad (1)$$

Em que:  $V_0$  = valor inicial de cada variável;  $V_1$  = valor final de cada variável;  $T_0$  = tempo inicial pós-antese, e  $T_1$  = tempo final pós-antese.

### 2.3.4 Taxa respiratória

Quatro repetições com aproximadamente três gramas de frutos foram acondicionadas em diferentes recipientes de vidro de 50 mL. Os recipientes foram selados hermeticamente com tampa plástica, contendo um septo de silicone, por onde eram retiradas alíquotas da amostra interna, com o auxílio do analisador de gases PBI Dansensor, após 1h30min de repouso. Os resultados, expressos em % de  $\text{CO}_2$ , foram convertidos em  $\text{mL.CO}_2 \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ , levando-se em consideração o volume de recipiente, a massa e o volume dos frutos em cada recipiente e o tempo que esse mesmo recipiente permaneceu fechado.

### 2.3.5 Coloração

Trinta frutos por repetição foram analisados quanto à coloração da casca, em sua região equatorial, usando o colorímetro Konica Minolta CR-400, no espaço de cores CIELAB da Comissão Internacional de l'Éclairage, utilizando o sistema de escala de cor L,  $a^*$  e  $b^*$ , croma ( $C^*$ ) e ângulo hue ( $h^\circ$ ). Uma paleta de cores foi elaborada empregando o programa Análise de cor Lab Tools, versão 7.0.0.

### 2.3.6 Clorofila total

O teor total de clorofila foi determinado espectrofotometricamente, de acordo com Paradiso *et al.* (2018). Frutos congelados com nitrogênio líquido foram triturados (0,5 g) e homogeneizados com 15 mL de acetona, e posteriormente foram agitados durante 20 minutos. A mistura foi filtrada em papel de filtro (papel filtro qualitativo, 15 cm de diâmetro, Unifil®) e

transferida para cubetas de vidro. A absorvância foi lida em um espectrofotômetro a 661,6 nm e 644.8 nm, e a clorofila total foi calculada com a soma de clorofila a (chl<sub>a</sub>) e clorofila b (chl<sub>b</sub>), utilizando as seguintes fórmulas 2 e 3:

$$\text{chl}_a \text{ (mg. L}^{-1}\text{)} = 11,24 A_{661.6} - 2.04 A_{644.8} \quad (2)$$

$$\text{chl}_b \text{ (mg. L}^{-1}\text{)} = 20.13 A_{644.8} - 4.19 A_{661.6} \quad (3)$$

Em que A é a absorvância do extrato em nm de acordo com o comprimento de onda.

### 2.3.7 Carotenoides totais

A extração foi realizada como descrito por Rodriguez-Amaya (2001), com algumas adaptações. Em que 0,5 g da amostra foi mantida em frascos escuros e acrescido de 20 mL de acetona fria (P.A). O conteúdo então foi agitado por 20 minutos em mesa agitadora e filtrado em Erlenmeyer Flask recobertos por papel alumínio. O resíduo da amostra foi lavado com acetona até que o resíduo retido no papel filtro obtivesse uma coloração transparente (lavado três vezes com 20 mL, 15 mL e 15 mL de acetona P.A). Posteriormente o filtrado foi transferido para um funil de separação, sendo acrescido de 15 mL de éter de petróleo e 35 mL de água destilada. O líquido mais denso foi descartado. Sendo tal procedimento repetido três vezes para remover a acetona. O extrato então foi transferido para um balão volumétrico de 50 mL, e adicionado de éter de petróleo até completar o volume de 50 mL.

Os carotenoides totais foram quantificados utilizando método espectrofotométrico, conforme proposto por Rodriguez-Amaya (2001). As leituras foram realizadas em espectrofotômetro a 444 nm, 450 nm e 470 nm, que correspondem aos comprimentos de onda específicos dos carotenoides,  $\alpha$ -caroteno,  $\beta$ -caroteno e licopeno, respectivamente. O teor de cada carotenoide foi calculado segundo a fórmula 4:

$$\mu\text{g. g}^{-1} = \frac{A \times V \times 10^6}{A_{1\text{cm}1\%} \times M \times 100} \quad (4)$$

Em que A é a absorvância da solução no comprimento de onda específico, V é o volume final da solução,  $A_{1\text{cm}1\%}$  é o coeficiente de extinção ou coeficiente de absorvância molar de um pigmento em um determinado solvente específico, no caso o éter de petróleo, e M é a massa

da amostra tomada para a análise em g. Os resultados foram expressos em  $\mu\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$  de amostra fresca, sendo convertidos posteriormente em  $\text{mg}/100\text{g}^{-1}$  de amostra fresca.

### **2.3.8 Firmeza**

Determinada em 35 frutos por repetição na região equatorial dos frutos em um só ponto, utilizando-se um analisador de textura Stable Micro System modelo TA. XT2i, usando a sonda cilíndrica TA39 (2 mm de diâmetro), com velocidade de pré-teste 1 mm/s, teste 2,0 mm/s, pós-teste 10,00 mm/s e força de 5 g. Os resultados obtidos foram expressos em Newton (N).

### **2.3.9 Pectina solúvel e total**

As pectinas total e solúvel foram extraídas por precipitação em solução hidroetanólica (95%) (McCREADDY; McCOMB, 1952), quantificadas por método colorimétrico a 530 nm utilizando o carbazol como agente cromógeno (BITTER; MUIR, 1962) e expressas em mg de ácido galacturônico por  $100\text{g}^{-1}$  de amostra.

### **2.3.10 pH, acidez titulável (AT) e sólidos solúveis (SS)**

Amostras foram trituradas em água, na proporção de 1:3 (m/v), filtradas em organza, e o filtrado utilizado para as determinações de pH, AT e SS. O pH foi determinado utilizando um pHmetro TECNAL®, previamente calibrado por meio das soluções tampão (pH 4,0 e 7,0). A AT foi determinada por titulação com solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,1 N, usando como indicador a fenolftaleína, de acordo com a AOAC (2019). Os resultados foram expressos em mg de ácido cítrico  $100\text{g}^{-1}$  de amostra. Os SS foram determinados em refratômetro digital ATAGO PR-100 (Tóquio, Japão) com ajuste automático de temperatura, e os resultados foram expressos em % Brix, conforme descrito por AOAC (2019).

### **2.3.11 Açúcares totais**

Os açúcares totais foram extraídos em etanol 95% e determinados espectrofotometricamente a 620 nm, após evaporação do álcool, utilizando antrona com agente cromógeno (DISCHE, 1962), e os resultados foram expressos como gramas de glicose por  $100\text{g}^{-1}$  de tecido.

### **2.3.12 Vitamina C**

Para a determinação de vitamina C, 5 g da amostra foi homogeneizada em 50 mL de ácido oxálico a 0,5% empregando o Polytron. Posteriormente o homogenato foi levado à mesa de agitação por 30 minutos e em seguida filtrado (papel filtro qualitativo, 15 cm de diâmetro, Unifil®). O extrato então foi usado para determinar o teor de ácido ascórbico, após oxidação do ácido ascórbico e dehidroascórbico, pelo método colorimétrico, utilizando 2,4 dinitrofenilhidrazina, segundo Strohecker e Henning (1967), e os resultados expressos em mg de ácido ascórbico em 100 g<sup>-1</sup> de polpa.

### **2.3.13 Compostos fenólicos totais e capacidade antioxidante**

#### **2.3.13.1 Obtenção dos extratos**

Esse procedimento foi adaptado de Rufino *et al.* (2010). Pesaram-se 2 g da amostra em um tubo de centrífuga, adicionaram-se 20 mL de etanol 95%, homogeneizou-se o composto e deixou-se em agitação (em mesa agitadora) por 30 minutos ao abrigo da luz, levando-se, posteriormente, os tubos ao banho ultrassom por 30 minutos, seguido de filtragem em papel de filtro (papel filtro qualitativo, 15 cm de diâmetro, Unifil®), transferindo-se o filtrado para um frasco âmbar. O extrato obtido foi utilizado para posteriores análises. Para a definição de tal método de extração realizaram-se análises prévias de extração empregando água destilada, etanol e metanol, como agentes extratores. Os extratos obtidos foram então empregados na realização da análise de fenólicos totais e atividade antioxidante, os dados obtidos foram submetidos à análise pelo programa Design Expert 12, o qual forneceu a melhor combinação dos reagentes extratores otimizando assim a metodologia.

#### **2.3.13.2 Fenólicos totais**

##### **2.3.13.2.1 Método de Folin-ciocalteu**

O teor de fenólicos totais foi determinado utilizando o ensaio de Folin-Ciocalteu (PARADISO *et al.*, 2018), com algumas alterações. Em resumo, em cada poço de uma microplaca de 96 poços, fundo chato, 30 µL do extrato foram misturados com 150 µL do reagente Folin-ciocalteu a 10% (v/v). Após quatro minutos, foram adicionados mais 120 µL



de uma solução de carbonato de sódio a 4% (p/v). Essa mistura reacional foi incubada durante 2 h ao abrigo da luz e o teor de fenólicos totais foi determinado a 720 nm utilizando um leitor de microplacas (EZ Read 2000, Biochrom®). O cálculo do teor de fenólicos foi realizado a partir da equação da reta obtida da curva padrão de ácido gálico. Os resultados foram expressos em miligramas de equivalente de ácido gálico (GAE) por cem gramas de amostra fresca.

#### **2.3.13.2 Método Fast Blue**

Realizado conforme descrito por Medina (2011), com algumas adaptações, duzentos microlitros do extrato foram misturados com 20  $\mu$ L de reagente Fast Blue (0,1%, v/v) e 20  $\mu$ L de hidróxido de sódio (5%, p/v), e a absorbância foi medida a 420 nm após 1,5 h de incubação no escuro. Todas as medições foram realizadas em triplicata, usando um leitor de microplacas de 96 poços (Biochrom EZ Read 2000). Os resultados foram relatados como equivalentes de ácido gálico em miligramas por 100 g de peso fresco da amostra (mg GAE/100 g FM).

#### **2.3.13.3 Atividade antioxidante**

##### **2.3.13.3.1 $\beta$ -Caroteno/ácido linoleico**

A determinação da atividade antioxidante pelo método  $\beta$ -caroteno/ácido linoleico se baseou na oxidação de  $\beta$ -caroteno (descoloração) induzida pelos produtos da degradação oxidativa do ácido linoleico (RUFINO *et al.*, 2010, com modificações). As soluções foram preparadas misturando 270  $\mu$ L de solução de sistema de  $\beta$ -caroteno/ácido linoleico e 20  $\mu$ L de extrato em cada poço de uma microplaca de 96 poços, fundo chato. A mistura foi mantida em banho-maria a 40 °C, em seguida foram realizadas as leituras a 470 nm em um leitor de microplacas (EZ Read 2000, Biochrom®), após o intervalo de 2 horas. Os resultados foram expressos em percentagem de inibição da oxidação.

##### **2.3.13.3.2 ABTS**

A atividade antioxidante foi fundamentada na captura do (ABTS<sup>+</sup>), por um antioxidante. Resumidamente, a solução (ABTS<sup>+</sup>) foi preparada fazendo reagir o sal de diamônio 2,2'-azinobis (ácido 3-etilbenzotiazolino-6-sulfônico) a uma concentração de 7 mmol/L com persulfato de potássio 2,45 mmol/L à temperatura ambiente durante 16 horas. A

solução obtida foi então diluída com etanol até uma absorbância de  $0,70 \pm 0,05$  a 734 nm. Alíquotas de 3  $\mu\text{L}$  de padrões TROLOX (6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromano-2-ácido carboxílico) e extratos foram pipetados em cada poço de uma microplaca de 96 poços, fundo chato. 297  $\mu\text{L}$  de solução radical foram adicionados em cada poço. Após 6 minutos do tempo de reação ao abrigo da luz, a absorbância foi medida a 734 nm no mesmo leitor de microplacas citado anteriormente. Os resultados da atividade antioxidante foram expressos como equivalentes  $\mu\text{Mol}$  de TROLOX por grama de amostra fresca, com base em uma curva de calibração com concentrações conhecidas de TROLOX (AUZANNEAU *et al.*, 2018).

### 2.3.13.3 FRAP

O poder antioxidante redutor do ferro (FRAP) dos extratos foi determinado com base na redução de um complexo férrico ( $\text{Fe}^{3+} + \text{-TPTZ}$ ) à forma ferrosa ( $\text{Fe}^{2+} + \text{-TPTZ}$ ) na presença de antioxidantes, de acordo com o método descrito por Pulido, Bravo e Saura-Calixto (2000), com pequenas modificações. O reagente FRAP foi preparado pela mistura de TPTZ 40 mM (diluído em 40 HCl mM), 300 mM de tampão de acetato (pH 3,6) e 20 mM de  $\text{FeCl}_3$  em uma proporção de 10:1:1 (v/v/v). Uma alíquota (9  $\mu\text{L}$ ) do extrato foi misturada com 269  $\mu\text{L}$  de reagente FRAP e 27  $\mu\text{L}$  de água destilada em uma microplaca de 96 poços, e a mistura foi incubada a 37 °C por 30 minutos. A absorbância foi avaliada a 595 nm usando um leitor de microplacas (Biochrom EZ Read 2000). Para calibração, uma curva padrão de cinco pontos (0-2000  $\mu\text{M}$ ) foi preparada usando sulfato ferroso ( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) como referência, e os resultados foram relatados como  $\mu\text{M}$  de sulfato ferroso por grama de massa fresca ( $\mu\text{M FeSO}_4/\text{g FM}$ ).

## 2.4 Análise estatística

As análises estatísticas das variáveis analisadas foram realizadas com o auxílio do programa SISVAR (FERREIRA, 2010). Após a análise de variância dos resultados obtidos, observou-se o nível de significância do teste F. Posteriormente, as médias dos períodos (intervalo de dia) de avaliação foram submetidas à regressão polinomial, em que os modelos foram selecionados conforme a significância do teste F de cada modelo e com o coeficiente de determinação.

Os dados obtidos também foram empregados para se obter o mapa auto-organizável de Kohonen para classificar os frutos em *clusters*, de acordo com a semelhança de suas propriedades. O pacote SOM Toolbox 2.1 (VATANEN *et al.*, 2015) foi utilizado no programa

Matlab R2015a, juntamente com as devidas modificações para melhorar a obtenção e validação dos *clusters*, por meio dos índices de Davies-Bouldin e de Silhueta.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

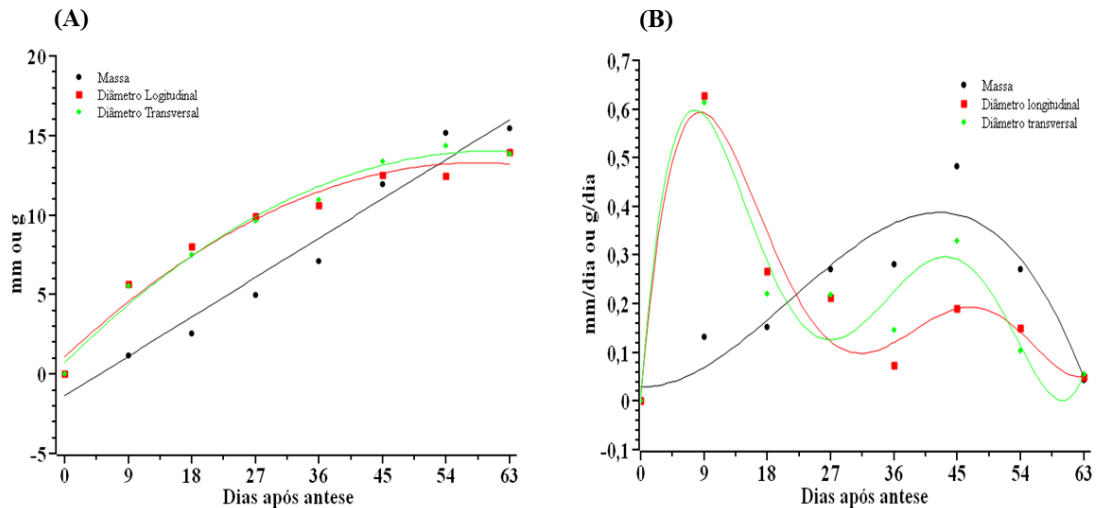
A floração de *Campomanesia pubescens* no município de Santana do Garambéu, Sudeste de Minas Gerais, Brasil, iniciou-se em agosto de 2021, com ápice de floração em setembro, assim como dados já relatados na literatura para floração de *Campomanesia pubescens* em outras regiões do estado (SILVA *et al.*, 2009). O pico de floração de grande parte dos espécimes de *Campomanesia pubescens* ocorreu no mesmo dia, sendo que aos 63 dias após antese os frutos se encontravam predominantemente maduros.

O crescimento cumulativo e a taxa de crescimento da gabioba são ilustrados na Figura 2. Observou-se, de acordo com essa figura, valor médio de massa de 1,55 g por fruto maduro, cerca de 3 vezes inferior ao relatado por Silva *et al.* (2009), que estudaram frutos da mesma espécie oriundos de outra região. Não obstante, os valores de diâmetros longitudinal e transversal encontrados foram semelhantes aos relatados por esses autores. A diferença notada na massa pode ser atribuída a diferentes condições edafoclimáticas às quais as plantas foram submetidas, bem como a fatores genéticos, a despeito do fato dos frutos terem sido obtidos a partir de plantas da mesma espécie. Visto que os frutos foram obtidos de plantas nativas sujeitas a cruzamentos naturais e propagadas sexuadamente, a variação genética é esperada, mesmo dentro da mesma espécie. Uma grande amplitude de valores de massa e diâmetros de frutos de diferentes espécies do gênero *Campomanesia* é relatada na literatura (ABREU *et al.*, 2020; ALVES *et al.*, 2013; BIANCHINI *et al.*, 2016; EMER *et al.*, 2018; LIMA *et al.*, 2016; SANTOS *et al.*, 2015; SILVA *et al.*, 2009; SOUZA *et al.*, 2019), o que reforça o efeito da genética sobre essas variáveis. De fato o componente genético de diferentes espécies vegetais faz com que elas respondam fisiologicamente de forma distinta a estímulos bióticos e abióticos semelhantes (ALI *et al.*, 2021).

Os frutos em estudo apresentaram um aumento cumulativo nos diâmetros longitudinal e transversal e massa, durante os 63 dias de desenvolvimento (FIGURA 2A). Considerando-se as taxas de crescimento das gabiobas, baseadas em seus diâmetros e massa, nota-se um comportamento sigmoidal simples de crescimento (FIGURA 2B). Esse comportamento é condizente ao já relatado por Silva *et al.* (2009) para frutos da mesma espécie, porém de outra região. Os primeiros 9 dias após antese foram marcados pela mais rápida aceleração do crescimento, com base no volume dos frutos, culminando em uma taxa de crescimento da ordem de 0,6 milímetros por dia. Observa-se, a partir de então, uma desaceleração da taxa de crescimento até cerca de 0,2 milímetros por dia, aos 36 dias após antese, taxa que se manteve relativamente estável até os 54 dias, caindo próximo a zero aos 63 dias pós-antese. A taxa de

crescimento relativa à massa acelerou nos primeiros 45 dias após antese, reduzindo a partir de então, até os 63 dias.

Figura 2 - Crescimento cumulativo (2A) e taxa de crescimento da gabirola ao longo do seu desenvolvimento (2B).



Legenda: Figura 2A - Massa:  $y = -0,000012x^3 + 0,000839x^2 - 0,005415x + 0,041953$ ;  $R^2 = 78,81$ ; diâmetro longitudinal:  $y = 0,000000x^5 - 0,000008x^4 + 0,000525x^3 - 0,015363x^2 + 0,165923x + 0,006648$ ;  $R^2 = 93,27$ ; diâmetro transversal:  $y = 0,000000x^5 - 0,000012x^4 + 0,000740x^3 - 0,019416x^2 + 0,187882x + 0,004066$ ;  $R^2 = 92,14$ . Figura 2B -  $y = 0,275789x - 1,390278$ ;  $R^2 = 96,31$ ; diâmetro longitudinal:  $y = -0,003666x^2 + 0,425554x + 0,986204$ ;  $R^2 = 97,03$ ; diâmetro transversal:  $y = -0,003079x^2 + 0,414548x + 0,825868$ ;  $R^2 = 98,35$ .

Fonte: Do autor (2022).

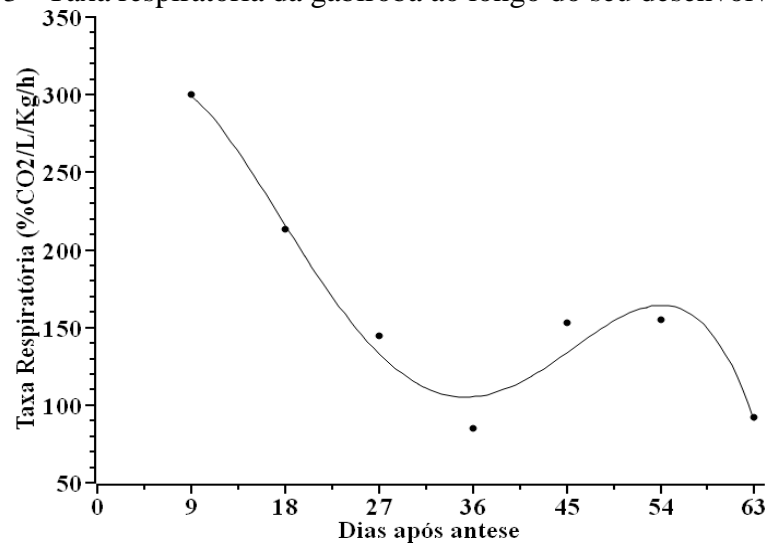
A similaridade dos diâmetros longitudinal e transversal, ao longo de todo desenvolvimento, confere à gabirola seu formato esférico. Se considerarmos a média dos diâmetros longitudinal e transversal dos frutos no cálculo de seu volume, como uma esfera ( $4\pi r^3/3$ ), notamos a redução na densidade ( $d = m v^{-1}$ ) dos frutos de cerca de 1,32, aos 9 dias, para cerca de 1,05 aos 63 dias. A redução da densidade sugere a descompactação dos frutos, em função do acúmulo de ar no espaço intercelular, ao longo do desenvolvimento.

Ressalta-se que o crescimento iniciado após a antese se sobrepôs ao estágio de maturação, estendendo-se até o pleno amadurecimento da gabirola, assim como observado por Silva *et al.* (2009). Normalmente o crescimento dos frutos cessa antes do seu amadurecimento (CHITARRA; CHITARRA, 2005), fato não observado para gabirola.

Observou-se uma redução na atividade respiratória da gabirola nos 36 primeiros dias de desenvolvimento, seguida de elevação, com pico de  $154 \text{ mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$  aos 54 dias (FIGURA 3), típica dos frutos climatéricos. O comportamento climatérico observado é condizente com o relatado por Silva *et al.* (2009), ao trabalharem com frutos da mesma espécie.

Os resultados observados sugerem que os frutos coletados aos 45, 54 e 63 dias estavam na fase de amadurecimento, iniciado entre 36 e 45 dias e completado aos 63 dias do desenvolvimento. O início do amadurecimento entre 36 e 45 dias é corroborado pela mudança de coloração dos frutos ilustrada na Figura 4. Baseado nas mudanças de coloração e dimensões ilustradas na mesma figura, sugere-se que os frutos coletados aos 9, 18 e 27 dias encontravam-se imaturos, e os coletados aos 36 dias provavelmente maduros.

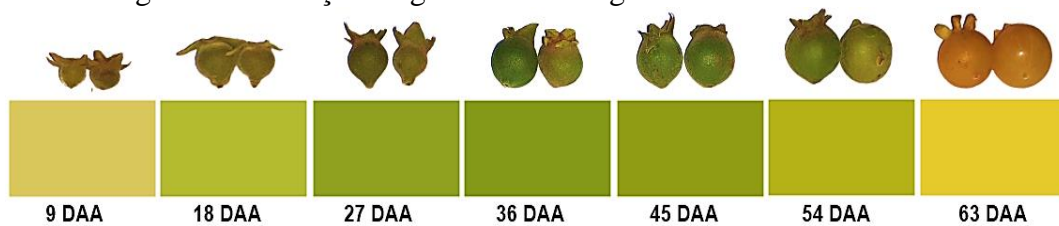
Figura 3 - Taxa respiratória da gabioba ao longo do seu desenvolvimento.



Legenda: A equação da regressão e R<sup>2</sup> são:  $Y = -0,000343x^4 + 0,043360x^3 - 1,643607x^2 + 14,255335x + 275,127621$ ; R<sup>2</sup> = 96,85.

Fonte: Do autor (2022).

Figura 4 - Evolução da gabioba ao longo do seu desenvolvimento.

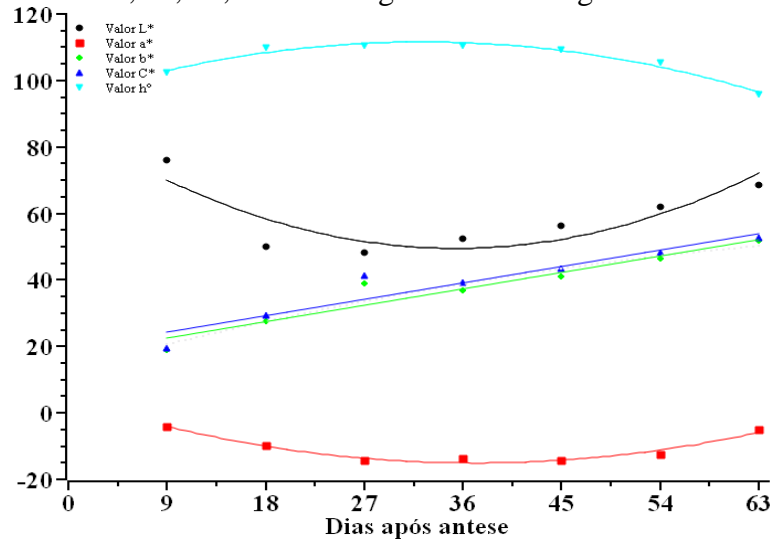


Fonte: Do autor (2022).

De fato, alterações significativas na coloração da casca da gabioba foram confirmadas ao longo do seu desenvolvimento (FIGURA 5;  $p < 0,05$ ). Observou-se comportamento quadrático das variáveis  $L^*$ ,  $a^*$  e  $h^\circ$  e aumento linear das variáveis  $b^*$  e  $C^*$ . Os valores de  $L^*$  e  $a^*$  reduziram nos primeiros 36 dias do desenvolvimento, aumentando posteriormente, enquanto o comportamento do  $h^\circ$  foi inverso. Os resultados apontam tonalidade amarelada na superfície dos frutos recém-formados, que cede espaço para o verde até os 36 dias do desenvolvimento, retornando, a partir de então, à tonalidade amarelada. O desenvolvimento também foi marcado

pelo aumento da intensidade da coloração superficial dos frutos, bem como pelo escurecimento da casca, seguido pelo seu clareamento. Essas alterações na coloração da gabioba corroboram com as alterações ilustradas na Figura 4.

Figura 5 - Valores  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$  e  $h^\circ$  da gabioba ao longo do seu desenvolvimento.



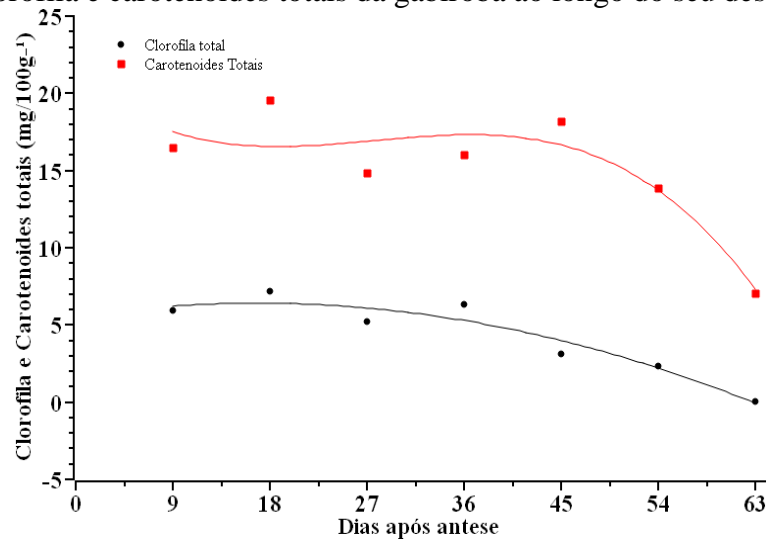
Legenda: As equações de regressão e  $R^2$  para os parâmetros em estudo são  $L^*$  ( $y = 0,029570x^2 - 2,092426x + 86,500727$ ;  $R^2 = 75,56$ ),  $a^*$  ( $y = 0,013735x^2 - 1,021492x + 3,919000$ ;  $R^2 = 95,31$ ),  $b^*$  ( $y = 0,548856x + 17,562079$ ;  $R^2 = 92,41$ ),  $C^*$  ( $y = 0,551501x + 19,224397$ ;  $R^2 = 89,75$ ) e  $h^\circ$  ( $y = -0,015924x^2 + 1,026972x + 95,022842$ ;  $R^2 = 96,62$ )

Fonte: Do autor (2022).

As variações observadas nas variáveis  $L^*$  e  $a^*$  são semelhantes às relatadas por Silva *et al.* (2009), que também trabalharam com frutos de *Campomanesia pubescens* ao longo do desenvolvimento, e por Abreu *et al.* (2020), que estudaram frutos de *Campomanesia rufa* em dois estádios de desenvolvimento. O aumento nas médias de  $b^*$  e  $C^*$  também é semelhante ao observado por Abreu *et al.* (2020), embora os resultados de  $h^\circ$  sejam distintos quando comparados com os reportados por esses autores. O comportamento de  $b^*$  também foi distinto, quando comparado pelo reportado por Silva *et al.* (2009). Divergências de resultados podem ser explicadas pelo efeito de genótipos, bem como pelas condições edafoclimáticas às quais as plantas foram submetidas.

Notou-se um comportamento quadrático para clorofila total ao longo do desenvolvimento da gabioba (FIGURA 6), assim como observado para  $a^*$  e  $h^\circ$ . Os primeiros 18 dias do desenvolvimento, fase de maior taxa de crescimento do fruto (FIGURA 2B), foram marcados pela síntese de clorofila, enquanto uma consistente redução dos níveis desse pigmento foi notada já aos 36 dias, quando os frutos se encontravam verde-maturos, seguindo até o amadurecimento pleno.

Figura 6 - Clorofila e carotenoides totais da gabioba ao longo do seu desenvolvimento.



Legenda: As equações das regressões e  $R^2$  são: clorofila total ( $y = -0,003026x^2 + 0,101204x + 5,563810$ ;  $R^2 = 91,64$ ); carotenoides totais ( $y = -0,270696x^3 + 22,507220x^2 - 559,202856x + 20908,031271$ ;  $R^2 = 81,65$ ).

Fonte: Do autor (2022).

As alterações observadas na clorofila são coerentes com as observadas para as variáveis  $a^*$  e  $h^\circ$ , assim como já observado por Silva *et al.* (2009), o que corrobora a discussão sobre coloração apresentada anteriormente (FIGURAS 4 e 5). As clorofilas são pigmentos verdes associados à transformação de energia luminosa em química no processo da fotossíntese (WATKINS, 2019). O ácido aminolevulínico é o precursor básico das clorofilas no seu processo de síntese, que ocorre especialmente no tecido dérmico, nas fases iniciais do crescimento dos frutos. Já durante a maturação dos frutos, os cromoplastos e suas membranas tilacoides desintegram-se, havendo uma acelerada degradação da clorofila, culminando na perda da coloração verde dos tecidos. A ação de enzimas como clorofilases, lipoxigenases e peroxidases, bem como alterações do pH celular, podem estar associadas diretamente ao processo de degradação da clorofila que ocorre em duas etapas: a desfitação e a dequelação do magnésio (CHITARRA; CHITARRA, 2005; ESKIN; HOEHN, 2015; NGUYEN *et al.*, 2021; ZHANG *et al.*, 2019).

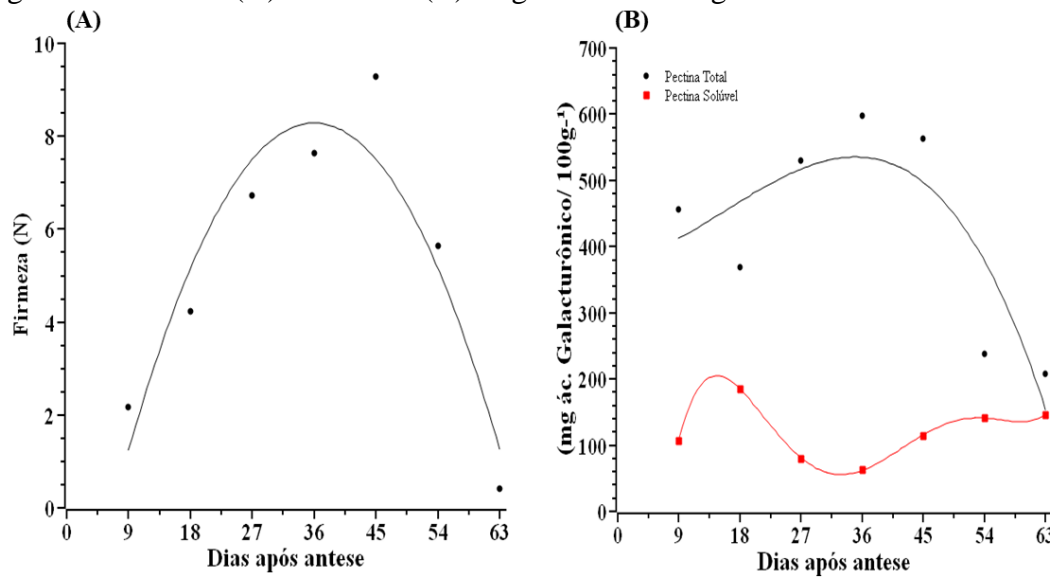
Assim como observado para a clorofila, a fase inicial do crescimento da gabioba foi marcada por intensa síntese de carotenoides, enquanto o amadurecimento foi marcado por intensa degradação. Carotenoides são pigmentos com estrutura tetraterpênica, cuja coloração pode variar entre o amarelo e o vermelho. Em função de seu alto potencial antioxidante, atuam como fotoprotetores contra danos oxidativos, além de auxiliarem as clorofilas no abastecimento de fotoassimilados, absorvendo a luz em comprimentos de ondas não absorvíveis por elas (WATKINS, 2019). A presença dos carotenoides já nos frutos jovens sugere que o



amarelecimento durante o amadurecimento se deve ao desmascaramento desses pigmentos, em função da degradação da clorofila, e não à sua síntese. A evolução da coloração da gabioba que envolve os matizes amarelo e verde (FIGURAS 4 e 5) é corroborada pelo comportamento da clorofila e carotenoides nos frutos (FIGURA 6). Os teores de carotenoides encontrados na gabioba (*C. pubescens*) são superiores aos observados em frutos de *C. rufa* encontrados por Abreu *et al.* (2020), mas inferiores aos relatados por Verruck *et al.* (2020) em frutos de *Campomanesia eugenoides* (25,68 mg/100 g<sup>-1</sup>), *Campomanesia xanthocarpa* (Berg) (32,03 mg/100 g<sup>-1</sup>) e *Campomanesia xanthocarpa var. littoralis* (61,48 mg/100 g<sup>-1</sup>). De toda sorte, os frutos de espécies de *Campomanesia* não são conhecidos como importantes fontes de carotenoides quando comparados a outras frutas, reconhecidas fontes desse pigmento.

A evolução da firmeza foi marcada pelo comportamento quadrático, com aumento nos 36 primeiros dias seguido de queda ( $p < 0,05$ ; FIGURA 7A). Notou-se um aumento nos teores de pectina total ao longo dos primeiros 36 dias de desenvolvimento, seguido de queda (FIGURA 7B), assim como observado para firmeza (FIGURA 7A). O aumento da pectina total nos primeiros 36 dias de desenvolvimento está associado a processos de síntese e é necessário para dar sustentação e proteção aos frutos. Logo, o seu acúmulo é coerente com o aumento da firmeza. Com efeito, a pectina é um polissacarídeo heterogêneo presente em concentrações elevadas na parede celular de plantas, atribuindo propriedades mecânicas e funcionais à parede celular ao longo dos diferentes estádios, bem como na colheita e armazenamento de frutas e hortaliças (KYOMUGASHO *et al.*, 2015; MAHMUD *et al.*, 2021). Polissacarídeos pécticos com diversas composições e estruturas físicas estão dispersos pela parede primária, formando uma matriz de gel coextensiva com a rede de celulose-hemicelulose (WATKINS, 2019).

Figura 7 – Firmeza (A) e Pectinas (B) da gabirola ao longo do seu desenvolvimento.



Legenda: firmeza ( $y = -0,009658x^2 + 0,695888x - 4,249991$ ;  $R^2 = 88,31$ ), Pectina total (PT) ( $y = -0,005663x^3 + 0,266191x^2 + 2,197608x + 375,027871$ ;  $R^2 = 70,65$ ), Pectina solúvel (PS) ( $y = 0,000028x^5 - 0,005504x^4 + 0,411675x^3 - 14,013835x^2 + 208,144250x - 896,243476$ ;  $R^2 = 99,96$ ).

Fonte: Do autor (2022).

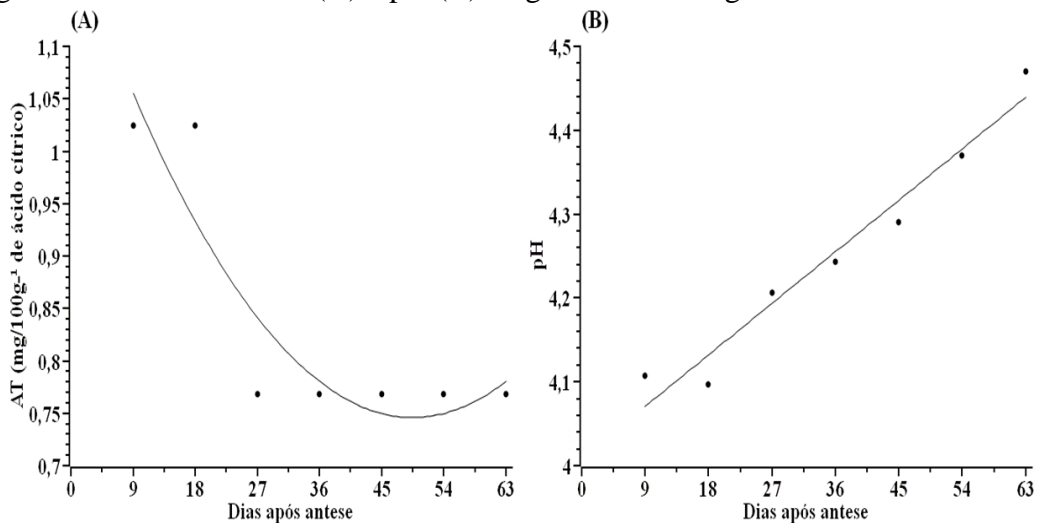
Durante o amadurecimento a pectina passa a ser despolimerizada resultando na solubilização dos compostos de baixa massa molecular e amaciamento do fruto, como comprovado no aumento dos teores de pectina solúvel e queda da firmeza após 36 dias do desenvolvimento (FIGURAS 7A e B). Esses resultados convergem com os de Silva *et al.* (2009), que associaram o amaciamento de gabirola durante o amadurecimento com a solubilização pécica catalisada por enzimas hidrolíticas. Parte da pectina solúvel pode ser convertida em outros compostos e utilizada como fonte de energia, contribuindo para a redução da pectina total durante o amadurecimento da gabirola.

O amaciamento da gabirola, associado ao climatério respiratório e às mudanças de coloração da casca e estabilização da taxa de crescimento, baseada nos diâmetros, sugere o início do amadurecimento entre os 36 e 45 dias pós-antese. Silva *et al.* (2009); Santos *et al.* (2015); e Abreu *et al.* (2020), ao estudarem frutos de diferentes espécies do gênero *Campomanesia* (*C. rufa*, *C. adamantium* e *C. pubescens*), também constataram maior maciez dos frutos maduros em comparação aos verdes, como é comum para a maioria dos frutos. Enquanto Silva *et al.* (2009) notaram firmeza máxima de frutos de *C. pubescens* em torno de 18 N, aos 21 dias pós-antese, a firmeza máxima dos frutos do presente estudo foi de cerca de 8 N, notada aos 36 dias.

Observou-se uma redução na acidez titulável (FIGURA 8A) das gabirolas que se refletiu no aumento de seu pH (FIGURA 8B) ao longo do desenvolvimento. Enquanto a redução

da acidez titulável se deu até o início do amadurecimento (45 dias), a elevação do pH se prolongou até o pleno amadurecimento (63 dias). Com efeito, a elevação do pH se deve, normalmente, à redução da quantidade de íons hidrogênio fornecidos pelos ácidos orgânicos, que são consumidos no processo respiratório, especialmente durante o amadurecimento dos frutos (BARRAGÁN-IGLESIAS; MÉNDEZ-LAGUNAS; RODRÍGUEZ-RAMÍREZ, 2018; BATISTA-SILVA *et al.*, 2018; KHODABAKHSHIAN; KHOJASTEHPUR, 2021). As alterações observadas na acidez titulável e pH ao longo do desenvolvimento da gabiropa são semelhantes às reportadas por Lima *et al.* (2016), para frutos da mesma espécie, bem como para frutos de outras espécies da mesma família (Myrtaceae), como arrayan (*Luma apiculata*), camu-camu [*Myrciaria dúbia* (H.B.K) McVauhg], jaboticaba ‘Sabará’ (*Myrciaria jaboticaba* (Vell.) O. Berg), murta (*Eugenia gracillina* Kiaersk) e goiaba (*Psidium guajava*) (ARAÚJO *et al.*, 2015, 2016; BECKER *et al.*, 2015; FUENTES *et al.*, 2016; NEVES *et al.*, 2015).

Figura 8 - Acidez titulável (A) e pH (B) da gabiropa ao longo do seu desenvolvimento.



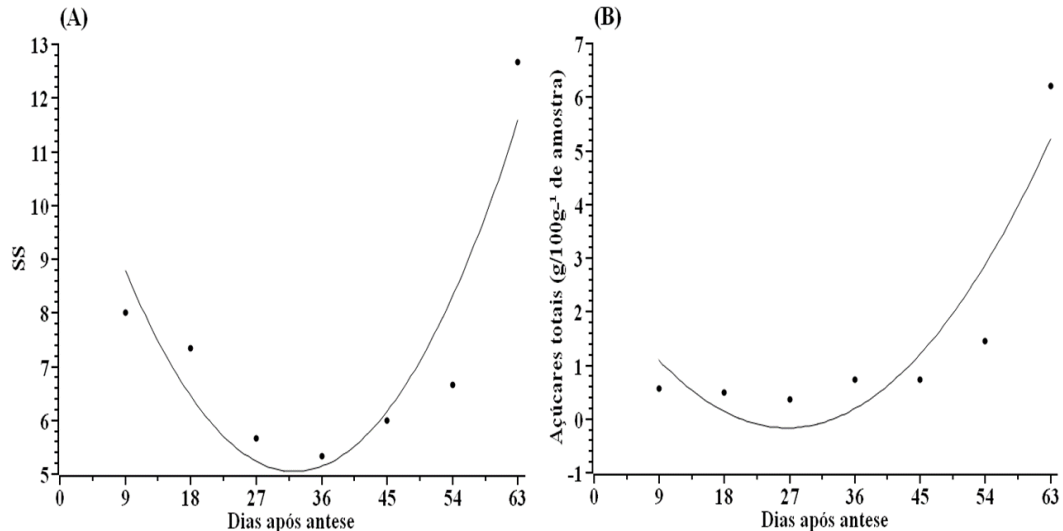
Legenda: AT ( $y = 0,000188x^2 - 0,018624x + 1,206847$ ;  $R^2 = 83,33$ ); pH ( $y = 0,006825x + 4,009048$ ;  $R^2 = 95,86$ ).

Fonte: Do autor (2022).

Os sólidos solúveis e açúcares totais apresentaram um comportamento quadrático ao longo do desenvolvimento, marcado pela redução dos 9 aos 27 dias, seguido de incremento até o amadurecimento pleno aos 63 dias (FIGURA 9). Os açúcares correspondem, normalmente, à fração majoritária dos sólidos solúveis, que são compostos ainda por ácidos orgânicos, pectinas, dentre outros compostos hidrossolúveis. Logo, a semelhança entre os comportamentos dos açúcares e sólidos solúveis era esperada. Visto que os açúcares são as principais fontes de energia utilizada pelos frutos, sua redução pode ser associada à demanda gerada pelo crescimento. Já o aumento dos açúcares e, conseqüentemente, dos sólidos solúveis, foi

observado durante o amadurecimento, fase de menor taxa de crescimento, portanto de menor demanda energética, em comparação às etapas iniciais do crescimento.

Figura 9 - Sólidos solúveis (A) e açúcares totais (B) de gabirola ao longo do seu desenvolvimento.



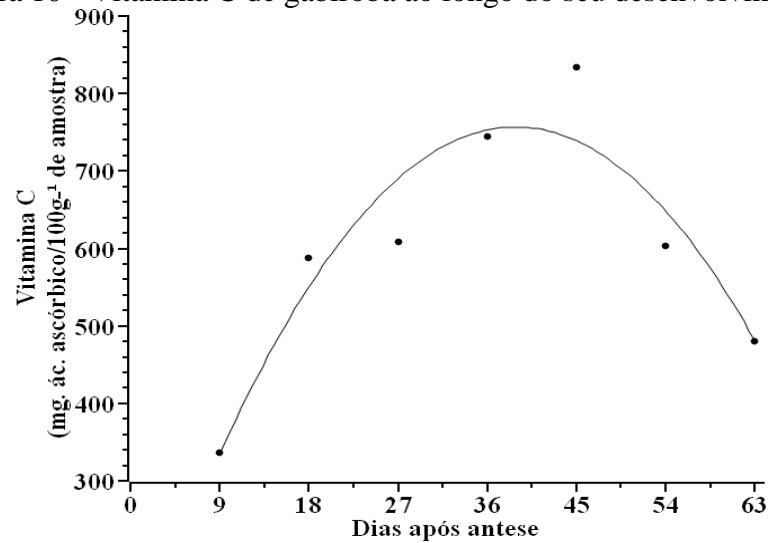
Legenda: SS: =  $0,006908x^2 - 0,445767x + 12,238095$ ;  $R^2 = 85,37$ ; açúcares totais:  $0,004062x^2 - 0,216209 + 2,711155$ ;  $R^2 = 83,94$ .

Fonte: Do autor (2022).

Considerando-se que o acúmulo de açúcares ocorreu enquanto os frutos ainda estavam ligados à planta mãe, sugere-se que ele se deva tanto à translocação de fotoassimilados das folhas para os frutos, como à possível hidrólise de carboidratos de maior massa molecular, como o amido e constituintes da fração fibra. O aumento dos açúcares e sólidos solúveis durante o amadurecimento é responsável pelo adoçamento dos frutos, o que os torna atrativos para os agentes de dispersão de sementes, tão importantes na perpetuação das espécies. O aumento dos sólidos solúveis coincidente com o climatério da gabirola é concordante como o observado por Silva *et al.* (2009).

Verificou-se aumento na concentração de vitamina C nos primeiros 36 dias após a antese, fase de crescimento precedente à maturação, seguido de queda, coincidente com o amadurecimento do fruto (FIGURA 10), resultados semelhantes aos observados por Silva *et al.* (2009). Com efeito, os frutos são importantes fontes de vitamina C para a humanidade, que se acumula, principalmente, durante seu crescimento, como observado para gabirola. A redução da vitamina C durante o amadurecimento pode ser associada à ação de enzimas como ascorbato oxidase, peroxidases, catalases e superóxido dismutase (MELLIDOU *et al.*, 2012).

Figura 10 - Vitamina C de gabiropa ao longo do seu desenvolvimento.



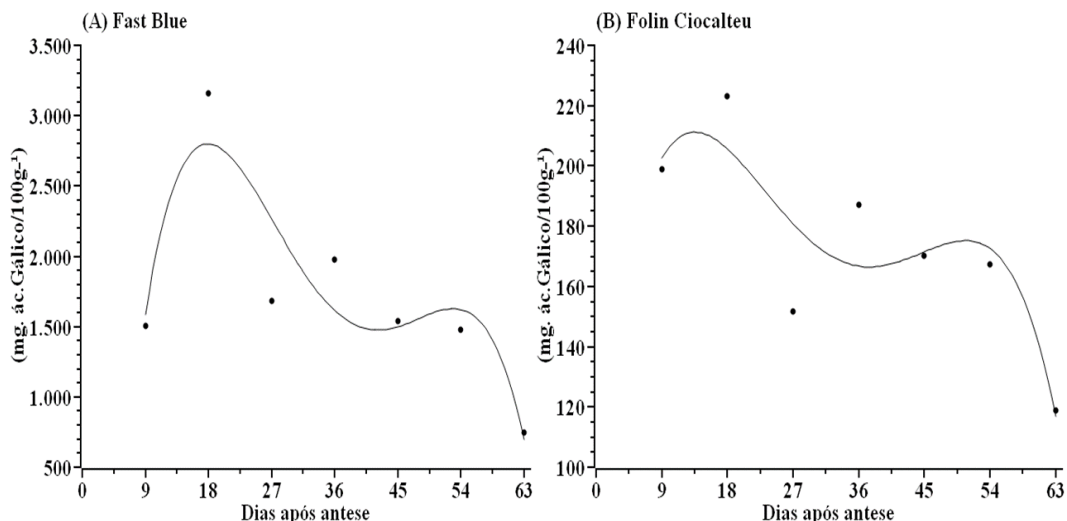
Legenda: A equação da regressão e  $R^2$  são ( $y = -0,473608x^2 + 36,831895x + 40,714095$ ;  $R^2 = 87,98$ )  
 Fonte: Do autor (2022).

O teor máximo de vitamina C da gabiropa, em torno de  $750 \text{ mg}/100 \text{ g}^{-1}$ , foi observado entre 36 e 45 dias após antese, período em que os frutos se encontravam verde-maturos. Poucos frutos acumulam tanta vitamina C como a gabiropa, podendo se destacar o camu-camu, fruto amazônico, e a acerola. Logo, gabiropas colhidas verdes-maturas têm potencial de serem exploradas pela indústria farmacêutica, como fontes de vitamina C. Mesmo com a queda nos teores de vitamina C com o amadurecimento, gabiropas totalmente maduras ainda concentram altos níveis dessa vitamina, em torno de  $400 \text{ mg}/100 \text{ g}^{-1}$ . Logo, o consumo de apenas 10 a 15 g do fruto seria suficiente para satisfazer a necessidade diária dos seres humanos (MONSEN, 2000).

O teor de fenólicos totais aumentou durante os primeiros 18 dias do desenvolvimento, fase de maior taxa de crescimento, diminuindo em seguida (FIGURA 11). Durante a fase inicial da maturação os níveis de fenólicos totais permaneceram estáveis, caindo consideravelmente durante o amadurecimento. Embora o comportamento dos fenólicos determinados por dois métodos distintos tenha sido semelhante, ressalta-se que os valores obtidos diferiram em função do método adotado. Os teores de fenólicos determinados pelo método de Fast Blue foram substancialmente superiores aos determinados pelo método de Folin-Ciocalteu. Segundo Medina (2011), a diferença de fénólicos determinados pelos métodos empregados no estudo pode ser justificada pelo fato de que o sal do Fast Blue contém grupos diazônio,  $-N=N-$ , os quais retêm o nitrogênio e acopla-o a um grupo ativador reativo ( $-OH$ ) do grupo fenólico. Tal acoplamento ocorre substancialmente para grupos ativadores fenólicos e, a não ser que tal posição já esteja ocupada, a substituição ocorre então na posição orto para o grupo ativador. Os

fenóis são acoplados mais facilmente em solução levemente alcalina, onde podem ser convertidos nos íons fenóxidos mais ativos. Outra justificativa para a variação é que cada reagente desempenha uma interação distinta com os compostos fenólicos nos frutos (GUIMARÃES; SALGADO; CARVALHO, 2020). No estudo realizado por Pico *et al.* (2020) é relatado que a reação de Folin-Ciocalteu exibiu interferências acima de 75% nas amostras analisadas, e tal fato se deve sobretudo ao teor de açúcares redutores e enodios (ácido ascórbico e dehidroascórbico). Já o método Fast Blue não apresentou interferências em frutas e cereais, possuindo uma sensibilidade superior à do Folin em cerca de 1,5 vez, fato possivelmente ocorrente na gabiroba por ser um fruto rico em ácido ascórbico.

Figura 11 - Valores de fenólicos para o método Fast Blue (A) e Folin-Ciocalteu (B) ao longo do desenvolvimento dos frutos de gabiroba.



Legenda: Fast Blue ( $y = -0,006147x^4 + 0,925627x^3 - 48,333293x^2 + 982,452866x - 3977,862545$ ;  $R^2 = 80,43$ ) Folin Ciocalteu ( $y = -0,000194x^4 + 0,026260x^3 - 1,197782x^2 + 19,910683x - 102,498667$ ;  $R^2 = 76,23$ ).

Fonte: Do autor (2022).

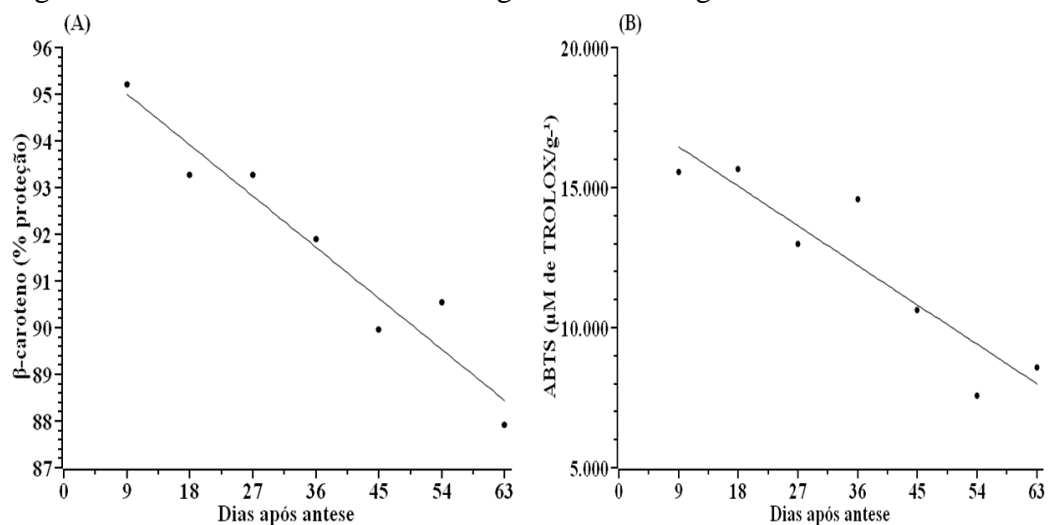
A redução dos fenólicos observada na Figura 11 sugere seu emprego na biossíntese de compostos secundários derivados dos fenilpropanoides (WATKINS, 2019) e, especialmente durante o amadurecimento, sua possível associação com a polimerização de taninos e redução da adstringência do fruto (CHITARRA; CHITARRA, 2005). A redução observada durante o amadurecimento é condizente com a observada em camu-camu, fruto da mesma família da gabiroba. Os altos teores de fenólicos encontrados, maiores que  $698 \text{ mg}/100 \text{ g}^{-1}$ , ao longo de todo o desenvolvimento, são superiores aos relatados para frutas consideradas como ótimas fontes de fenólicos, como exemplo *blueberry* (DRÓZDŹ; ŠĚŽIENĚ; PYRZYNSKA, 2017;

GRACE *et al.*, 2019; SUBBIAH *et al.*, 2021), morango (HUANG *et al.*, 2022; ZITOUNI, *et al.*, 2020) e uva (VO *et al.*, 2022).

Os compostos fenólicos são oriundos do metabolismo secundário das plantas, sendo um dos compostos mais importantes, e geralmente estão relacionados à sua defesa. Eles têm atraído a atenção dos pesquisadores pelos inúmeros efeitos promotores de saúde, como redução do risco de doenças cardiovasculares, câncer e outras patologias associadas ao envelhecimento (DENARDIN *et al.*, 2015). Diversos fatores podem influenciar no teor de fenólicos dos frutos, dentre eles o estágio de desenvolvimento, fatores ambientais, processamento e armazenamento (MANACH *et al.*, 2004).

A atividade antioxidante da gabioba foi analisada a partir dos métodos  $\beta$ -caroteno/ácido linoleico, ABTS e FRAP. A atividade antioxidante medida pelos dois primeiros métodos reduziu linearmente ao longo do desenvolvimento da gabioba, de 95,20 para 87,92 e de 15570,36 para 8564,03, respectivamente (FIGURAS 12A e B). Não obstante, a atividade antioxidante medida pelo método FRAP não alterou significativamente, apresentando média de 9461,3947 (M $\mu$  de sulfato ferroso/g). A redução da atividade antioxidante pode ser associada à redução dos teores de carotenoides (FIGURA 6), vitamina C (FIGURA 10) e fenólicos (FIGURA 11), reconhecidos antioxidantes naturais dos frutos. Diminuição da atividade antioxidante de frutos, ao longo de seu desenvolvimento, especialmente durante o amadurecimento, tem sido reportada para uma gama de frutos, como pitaia (ZITHA *et al.*, 2022), framboesa chinesa (*Rubus Chingii hu*) e vermelha (KOBORI *et al.*, 2021; LI *et al.*, 2021), acerola (XU *et al.*, 2020) e bayberry chinês (WU *et al.*, 2019).

Figura 12 - Atividade antioxidante de gabioba ao longo do seu desenvolvimento.



Legenda:  $\beta$ - caroteno ( $y = -0,121644x + 96,102900$ ;  $R^2 = 92,24$ ); ABTS ( $y = -156,751582x + 17866,672441$ ;  $R^2 = 83,86$ ).

Fonte: Do autor (2022).

A proteção de 88–95% de inibição dos radicais livres gerados durante a peroxidação do ácido linoleico, detectada pelo método  $\beta$ -caroteno/ácido linoleico (FIGURA 11A), é superior à proteção de 40 a 70% relatada para *Eugenia leitonii* (INFANTE, 2013), abacaxi, repolho branco e polpas de carambola, jabolão, goiaba (HASSIMOTTO; GENOVESE; LAJOLO, 2005) e de outros frutos do Cerrado como araçá-boi (12,6%), bacaba (72,7%) e bacupari (6%) (BORGES *et al.*, 2022), e superior aos encontrados nas sementes de baru (66,5%), marolo (90,7%) e pequi (89,4%) (BARROS *et al.*, 2021).

Quanto à atividade antioxidante medida pelo método ABTS, os valores observados nos frutos totalmente maduros (63 dias) são inferiores aos relatados para frutos maduros de *Campomanesia eugenioides* (9515,30  $\mu\text{mol}$  de trolox/ $\text{g}^{-1}$ ) e superiores aos reportados em frutos maduros de *Campomanesia xanthocarpa* (Berg) (5342,44  $\mu\text{mol}$  de trolox/ $\text{g}^{-1}$ ), *Campomanesia xanthocarpa* var. *littoralis* (6741,14  $\mu\text{mol}$  de trolox/ $\text{g}^{-1}$ ), *Campomanesia rufa* (1862,81  $\mu\text{mol}$  de trolox/ $\text{g}^{-1}$ ) e *Campomanesia xanthocarpa* O Berg (507,49  $\mu\text{mol}$  de trolox/ $\text{g}^{-1}$ ) (ABREU *et al.*, 2020; PEREIRA *et al.*, 2012; VERRUCK *et al.*, 2021). A gabiroba ainda apresenta maior atividade antioxidante (ABTS) que outros frutos da mesma família, como feijoa (variando de 148,8 a 383  $\mu\text{mol}$  de trolox/ $\text{g}^{-1}$ ) (SCHMIDT *et al.*, 2020) e jabolão (*Syzygium cumini*) (4,8 a 12,7 e 4,77  $\mu\text{mol}$  de trolox/ $\text{g}^{-1}$ ) (AZIMA; NORIHAM; MANSHOOR, 2017; FARIA; MARQUES; MERCADANTE, 2011). As diferenças nos resultados encontrados pelos diferentes métodos podem ser explicadas levando-se em consideração as distintas afinidades dos antioxidantes pelas substâncias oxidativas, assim como o mecanismo de ação e a composição do meio reacional (INFANTE, 2013).

A redução da atividade oxidante observada durante o desenvolvimento da gabiroba provavelmente está relacionada à perda da permeabilidade de membranas, especialmente durante o amadurecimento e senescência, possivelmente devido à oxidação de componentes de membrana existentes, como por exemplo na peroxidação lipídica. Logo, a redução da atividade antioxidante, ou seja, o comprometimento dos sistemas de eliminação de radicais livres, resulta em um maior acúmulo de espécies reativas de oxigênio, como superóxido e peróxido de hidrogênio (AWAD, 2011).

De modo geral, o pH e os teores de sólidos solúveis, açúcares, acidez titulável e vitamina C reportados no presente estudo se enquadram dentro de uma amplitude de valores relatada para frutos do gênero *Campomanesia* (ABREU *et al.*, 2020; AZEVEDO *et al.*, 2016; BRIANCHINI *et al.*, 2016; EMER *et al.*, 2018; LIMA *et al.*, 2016; MORZELLE *et al.*, 2015; SANTOS *et al.*, 2015; SILVA *et al.*, 2009; SOUZA *et al.*, 2018, 2019; VERRUCK *et al.*, 2020).

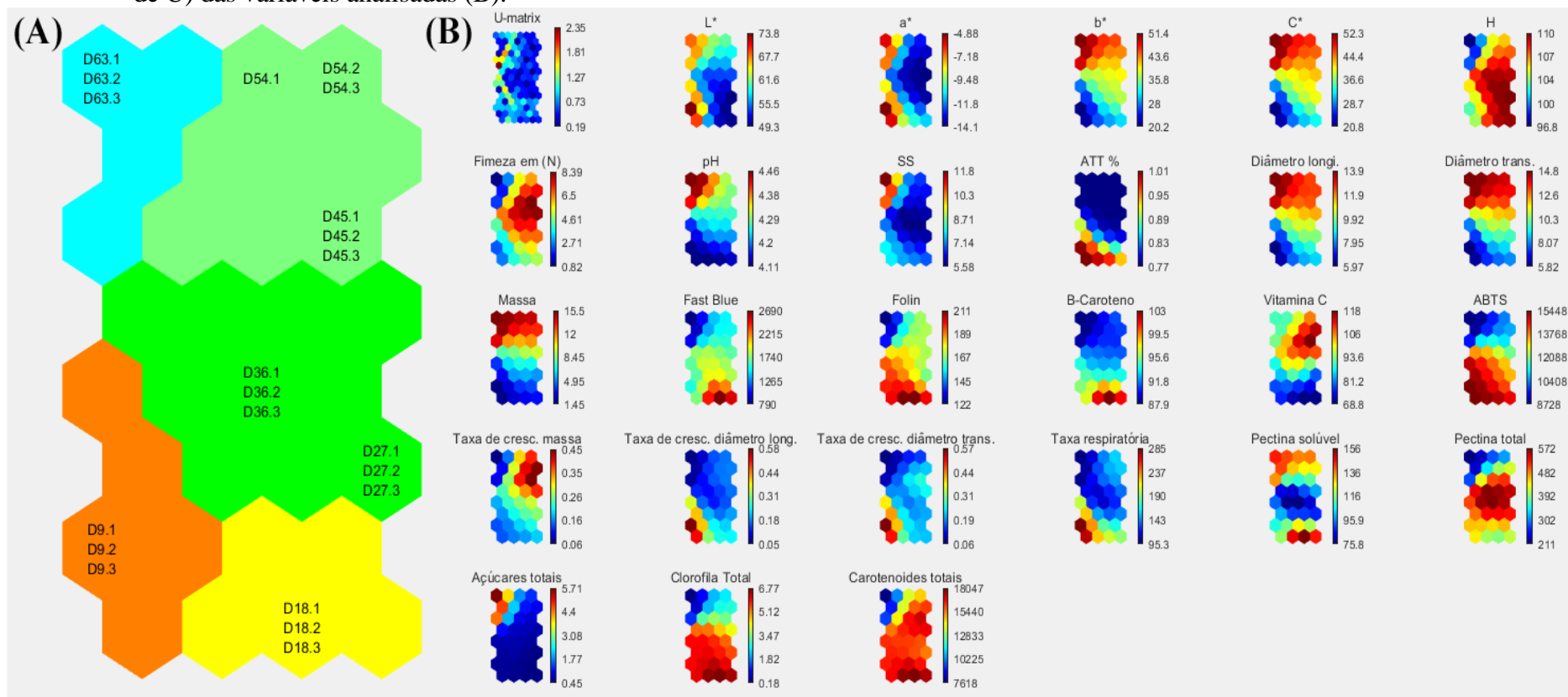


Essas variáveis são influenciadas pelas espécies de *Campomanesia*, fatores ambientais e estádios de maturação (GOLDINI *et al.*, 2019), o que justifica os dados relatados.

### **3.1 Rede neural artificial associada a mapas auto-organizáveis de Kohonen (ANN/KSOM)**

Os dados obtidos nas análises da gabioba em diferentes estádios de desenvolvimento foram empregados para a obtenção do mapa auto-organizável de Kohonen (ANN/KSOM), um tipo de Rede Neural Artificial (FIGURA 13). Dessa forma, mapas com diferentes dimensões foram gerados com a finalidade de obter a conformação com os melhores índices de validação de *clusters* e os menores erros de medição (quantificação, topográfico e combinado), contribuindo para uma melhor identificação visual das variáveis estudadas em relação aos estádios de desenvolvimento dos frutos.

Figura 13 - Mapa neural bidimensional de *cluster* de gabirola durante o desenvolvimento (A) e mapas componentes e matriz de distância (matriz de U) das variáveis analisadas (B).



Fonte: Do autor (2022).

Os índices de Davies-Bouldin (DB) e de Silhueta (S) são índices de validação dos *clusters*, sendo o primeiro (DB) responsável por inferir o grau de similaridade entre os *clusters*, independentemente do número de *clusters* e o método de partição utilizado, quanto mais próximo de zero for o valor, melhor a partição dos dados. Já o segundo índice (S) indica a qualidade do grupamento fundamentado na proximidade entre os objetos de um certo grupo e a proximidade desses objetos com o grupo mais próximo, logo quanto mais próximo de um, melhor o valor e o agrupamento (DAVIES; BOULDIN, 1979; MOREIRA *et al.*, 2019; PEARCE; SHAAR; CROSBIE, 1977). Desse modo, a rede escolhida neste estudo foi hexagonal 8x4 com índices DB e S iguais a 0.5847 e 0.7391, respectivamente. Os erros de quantificação, erro topográfico e erro combinado observados foram 0.3083, 0.0 e 0.4954, respectivamente. Quanto menor o valor, melhor será a acurácia e continuidade da rede (SILVA *et al.*, 2019) e, desse modo, o presente estudo apresentou uma boa acurácia e continuidade da rede.

O mapa topológico da rede, também denominado de mapa neural bidimensional de agrupamento, é apresentado na Figura 12A, enquanto os mapas de componentes de cada análise e a matriz U na Figura 12B. Além disso, vale salientar que a distância entre os neurônios adjacentes é inferida pela escala de cores, e a variação dos resultados obtidos nas determinações analíticas é representada pelo gradiente de cor das barras localizadas na parte inferior de cada mapa, com exceção da matriz U.

No mapa neural bidimensional de ANN/KSOM, cada hexágono representa um neurônio, no qual os tratamentos estudados estão agrupados de acordo com suas similaridades. Logo, identificou-se a divisão das amostras em cinco grupos (FIGURA 12A). Outro fator que contribuiu para a formação dos cinco grupos foi a matriz U, que indicou uma grande distância entre os neurônios e, conseqüentemente, entre os diferentes estádios de desenvolvimento da gabirola. Além disso, levando-se em consideração que a posição ocupada por uma amostra no mapa neural (FIGURA 12A) corresponde à sua mesma posição no mapa de componentes (FIGURA 12B), foi possível identificar as principais variáveis responsáveis pelo agrupamento e separação das amostras.

A formação dos dois primeiros agrupamentos é associada a valores altos e intermediários das variáveis diâmetros longitudinal e transversal, massa, taxa de crescimento baseada na massa,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $L^*$ ,  $C^*$ , pH, SS, açúcares totais e vitamina C. As amostras do terceiro grupo apresentaram altos valores de firmeza e pectina total e valores intermediários e baixos para as demais variáveis. Já os frutos alocados nos grupos 4 e 5 apresentaram comportamentos inversamente proporcionais àqueles localizados na parte superior do mapa (primeiro, segundo

e terceiro grupos), destacando-se pelos altos e intermediários valores de °h, AT, fenólicos totais, atividade antioxidante ( $\beta$ -caroteno/ácido linoleico e ABTS), taxas de crescimento relativas aos diâmetros longitudinal e transversal, taxa de respiração, pectina solúvel, clorofila total e carotenoides totais. Além disso, as diferenças entre os grupos são relativas aos valores encontrados nas determinações analíticas realizadas, representadas pela variação de cores nas escalas laterais dos mapas de componentes (FIGURA 13B).

Vale salientar que a partir dos mapas de componentes (FIGURA 1B) também pode-se inferir algumas tendências de correlações entre as variáveis estudadas. Observou-se correlação positiva entre  $b^*$ ,  $C^*$ , massa e diâmetros longitudinais e transversais, assim como entre as variáveis fenólicos totais (Folin), ABTS e clorofila total. Porém, foram observadas correlações negativas entre as variáveis  $b^*$ ,  $C^*$ , massa e diâmetros longitudinais e transversais com as variáveis fenólicos totais (Folin), ABTS e clorofila total.

Portanto, além de corroborar as análises de regressão realizadas, o emprego de mapas auto-organizáveis de Kohonen (ANN/KSOM) no presente estudo permitiu a obtenção de dados complementares referentes aos agrupamentos dos frutos colhidos em diferentes dias e a observação das semelhanças e tendências de correlações de forma eficaz e mais intuitiva.

## 4 CONCLUSÕES

A gabioba é um fruto climatérico, com taxa de crescimento que se sobrepõe ao amadurecimento.

Os estádios iniciais de desenvolvimento da gabioba, que contemplam a fase de maior taxa de crescimento e a maturação, são marcados por intensa síntese de pigmentos (carotenoides e clorofilas) e elevação do pH, firmeza, pectina total, vitamina C, fenólicos totais e atividade antioxidante. Já no amadurecimento do fruto foi notado um aumento substancial nos teores de sólidos solúveis, açúcares totais, pectina solúvel e redução da pectina total.

Ao empregar o mapa auto-organizável de Kohonen, foi possível a obtenção de dados complementares quanto aos agrupamentos dos frutos colhidos em diferentes estádios e a observação das semelhanças e tendência de correlação de forma mais eficaz e intuitiva.

## REFERÊNCIAS

- ABREU, L. A. F. de *et al.* Antioxidant activity and physico-chemical analysis of *Campomanesia rufa* (O.Berg) Nied. Fruits. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 44, p. 1-11, Sept. 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cagro/a/yYz3wVCG545xXkDP3thFbDJ/?lang=en>. Acesso em: 03 maio 2022.
- ALAMU, E. O. *et al.* Harvesting time and roasting effects on colour properties, xanthophylls, phytates, tannins and vitamin C contents of orange maize hybrid. **Scientific Reports**, [London], v. 10, n. 21327, Dec. 2020. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41598-020-78433-9>. Acesso em: 03 maio 2022.
- ALI, M. M. *et al.* Effect of environmental factors on growth and development of fruits. **Tropical Plant Biology**, [New York], v. 14, p. 226-238, May 2021. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12042-021-09291-6>. Acesso em: 05 maio 2022.
- ALVES, A. M. *et al.* Caracterização física e química, fenólicos totais e atividade antioxidante da polpa e resíduo de gabioba. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 35, n. 3, p. 837-844, set. 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/WbwB3464Br5dbb4vbk9DGwF/abstract/?lang=en>. Acesso em: 05 maio 2022.
- ARAÚJO, D. R. de *et al.* Characterization of ripening stages of Myrtle fruit. **Revista Brasileira de fruticultura**, Jaboticabal v. 38, n. 2. p. 1-10, Mar./Apr. 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/TgZ5g3s9CrftvkLthLgrQJF/?lang=en>. Acesso em: 02 maio 2022.
- ARAÚJO, H. M. *et al.* Chemical profile and antioxidante capacity verification of Psidium Guajava (Myrtaceae) fruits at diferente stages of maturation. **EXCLI Journal**, [Dortmund], v. 14, p. 1020-1030, Sept. 2015. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26933403/>. Acesso em: 05 maio 2022.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis**. 21. ed. Gaithersburg: AOAC, 2019.
- AUBERT, C.; CHALOT, G. Chemical composition, bioactive compounds, and volatiles of six table grape varieties (*Vitis vinifera* L.). **Food Chemistry**, [Oxford], v. 240, p. 524-533, Feb. 2018. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28946307/>. Acesso em: 07 jun. 2022.
- AUZANNEAU, N. *et al.* Bioactive compounds and antioxidant capacity of *Lonicera caerulea* berries: Comparison of seven cultivars over three harvesting years. **Journal of Food Composition and Analysis**, [San Diego], v. 66, p. 81-89, Mar. 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0889157517302843>. Acesso em: 02 maio 2022.

AWAD, M. A. Growth and compositional changes during development and ripening of early summer 'Lonet-Mesaed' date palm fruits. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, [Finland], v. 9, n. 1, p. 40-44, Jan. 2011. Disponível em: [https://www.academia.edu/22684776/Growth\\_and\\_compositional\\_changes\\_during\\_development\\_and\\_ripening\\_of\\_early\\_summer\\_Lonet\\_Mesaeddate\\_palm\\_fruits](https://www.academia.edu/22684776/Growth_and_compositional_changes_during_development_and_ripening_of_early_summer_Lonet_Mesaeddate_palm_fruits). Acesso em: 13 maio 2022.

AZEVEDO, M. C. S. *et al.* Physicochemical variability of cambuci fruit (*Campomanesia phaea*) from the same orchard, from different locations and at different ripening stages. **Journal of the Science Food and Agriculture**, [United Kingdom], v. 97, n. 2 p. 526-535, Jan. 2016. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27098569/>. Acesso em: 02 maio 2022.

AZIMA, A. M. S.; NORIHAM, A.; MANSHOOR, N. Phenolics, antioxidants and color properties of aqueous pigmented plant extracts: *Ardisia colorata* var. elliptica, *Clitoria ternatea*, *Garcinia mangostana* and *Syzygium cumini*. **Journal of Functional Foods**, [Amsterdam], v. 38, p. 232-241, Nov. 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1756464617305303>. Acesso em: 02 jun. 2022.

BALAGUERA-LÓPEZ, H. E.; ARÉVALO, A. H. Estudio de algunos cambios bioquímicos durante el crecimiento y hasta la cosecha del fruto de Champa (*Campomanesia lineatifolia* R. & P. Familia Myrtaceae). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, n. 2, p. 460-468, June 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/Sb578yFSRrhVcCWJDTmW7PH/?lang=es>. Acesso em: 02 maio 2022.

BARRAGÁN-IGLESIAS, J.; MÉNDEZ-LAGUNAS, L. L.; RODRÍGUEZ-RAMÍREZ, J. Ripeness indexes and physicochemical changes of papaya (*Carica papaya* L. cv. Maradol) during ripening on-tree. **Scientia Horticulturae**, [Amsterdam], v. 236, p. 272-278, June 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423817307240>. Acesso em: 13 maio 2022.

BARROS, H. E. A. de *et al.* Edible seeds clustering based on phenolics and antioxidant activity using multivariate analysis. **LWT – Food Science and Technology**, [Amsterdam], v. 152, p. 1-7, Dec. 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0023643821015255>. Acesso em: 11 jun. 2022.

BATISTA-SILVA, W. *et al.* Modifications in organic acid profiles during fruit development and ripening: Correlation or Causation? **Frontiers in Plant Science**, [Logan], v. 9, p. 1-20, Nov. 2018. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2018.01689/full>. Acesso em: 14 maio 2022.

BECKER, F. S. *et al.* Characterization of 'Sabará' jaboticabas at different maturation stages. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 37, n. 4, p. 457-462, Oct./Dec. 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asagr/a/kNH9DdMd8QQ54db3G85H8sw/?lang=en>. Acesso em: 11 maio 2022.

BHARDWAJ, K. *et al.* Fruit and vegetable peel-enriched functional foods: potential avenues and health perspectives. **Hindawi**, [London], v. 2022, p. 1-14, July 2022. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35832524/>. Acesso em: 04 jun. 2022.

BIANCHINI, F. G. *et al.* Caracterização morfológica e química de frutos de cambucizeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 75, n. 1, p. 10-18, jan./mar. 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/brag/a/Dyns6XjqXVDvQgs9mXPXjJt/?lang=pt>. Acesso em: 15 maio 2022.

BITTER, T.; MUIR, H. M. A modified uronic acid carbazole reaction. **Analytical Biochemistry**, [San Diego], v. 4, n. 4, p. 330–334, Oct. 1962. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0003269762900957>. Acesso em: 02 maio 2022.

BORGES, P. R. S. *et al.* The bioactive constituents and antioxidant activities of ten selected Brazilian Cerrado fruits. **Food Chemistry: X**, [Oxford], v. 14, p. 1-14, June 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590157522000669>. Acesso em: 17 maio 2022.

CENTOFANTE, A. R. Light quality on the morphoanatomy and physiology of *Campomanesia pubescens* (DC.) O. Berg. Seedlings. **Scientia Horticulturae**, [Amsterdam], v. 259, p. 1-13, Jan. 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030442381930651X>. Acesso em: 14 maio 2022.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: Fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: FAEPE, 2005.

DAVIES, D. L.; BOULDIN, D. W. A cluster separation measure. **IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence**, [Canadá], v. PAMI-1, n. 2, p. 224–227, Apr. 1979. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/4766909>. Acesso em: 02 maio 2022.

DENARDIN, C. C. *et al.* Antioxidant capacity and bioactive compounds of four Brazilian native fruits. **Journal of Food and Drug Analysis**, [Taipei], v. 23, n. 3, p. 387-398, Sept. 2015. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28911695/>. Acesso em: 03 jun. 2022.

DISCHE, Z. General color reactions. *In*: WHISTLER, R. L.; WOLFRAM, M. L. (eds.). **Carbohydrate chemistry**. New York: Academic Press, 1962. p. 477-512.

DRÓZDŹ, P.; ŠĚŽIENĚ, V.; PYRZYNSKA, K. Phytochemical properties and antioxidant activities of extracts from wild blueberries and lingonberries. **Plant Foods for Human Nutrition**, [Dordrecht], v. 72, n. 4, p. 360-364, Nov. 2017. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5717128/>. Acesso em: 04 jun. 2022.

EMER, A. A. *et al.* The physicochemical properties of fruits and seed germination of *Campomanesia aurea* O. Berg. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, Maringá, v. 40, n. 1, p. 1-8, Mar. 2018. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/324810588\\_The\\_physicochemical\\_properties\\_of\\_fruits\\_and\\_seed\\_germination\\_of\\_Campomanesia\\_aurea\\_O\\_Berg](https://www.researchgate.net/publication/324810588_The_physicochemical_properties_of_fruits_and_seed_germination_of_Campomanesia_aurea_O_Berg). Acesso em: 14 maio 2022.



ESKIN, N. A. M.; HOEHN, E. Frutas e vegetais. In: ESKIN, N. A. M.; SHAHIDI, F. (eds.). 3. ed. **Bioquímica de alimentos**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015. p. 67-103.

FARIA, A. F.; MARQUES, M. C.; MERCADANTE, A. Z. Identification of bioactive compounds from jambolão (*Syzygium cumini*) and antioxidant capacity evaluation in different pH conditions. **Food Chemistry**, [Oxford], v. 126, n. 4, p. 1571-1578, June 2011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814610016055>. Acesso em: 02 maio 2022.

FERREIRA, D. F. **SISVAR - Sistema de análise de variância**. Versão 5.8. Lavras: UFLA, 2010.

FUENTES, L. *et al.* Characterization of fruit development and potential health benefits of arrayan (*Luma apiculata*), a native berry of South America. **Food Chemistry**, [Oxford], v. 196, p. 1239-1247, Apr. 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814615300030>. Acesso em: 17 jun. 2022.

GOLDINI, J. *et al.* Physicochemical characterization of fruits of *Campomanesia guazumifolia* (Cambess.) O. Berg (Myrtaceae). **Acta Scientiarum Biological Sciences**, Maringá, v. 41, n. 1. p. 1-8, Aug. 2019. Disponível em: <https://www.redalyc.org/journal/1871/187160125037/html/>. Acesso em: 11 maio 2022.

GRACE, M. H. *et al.* Simultaneous LC-MS quantification of anthocyanins and non-anthocyanin phenolics from blueberries with widely divergent profiles and biological activities. **Food Chemistry**, [Oxford], v. 277, p. 336-346, Mar. 2019. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30502155/>. Acesso em: 02 maio 2022.

GUIMARÃES, K. C.; SALGADO, D. L.; CARVALHO, E. E. N. Evaluation of different methodologies for the determination of phenolic compounds in tropical fruits. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 23, p. 1-7, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bjft/a/kGbCmX7HdYqLmcLqqkPDsVS/?lang=en>. Acesso em: 11 maio 2022.

HASSIMOTTO, N. M. A.; GENOVESE, M. I.; LAJOLO, F. M. Antioxidant activity of dietary fruits, vegetables, and commercial frozen fruit pulps. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [Washington], v. 53, n. 8, p. 2928-2935, Apr. 2005. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15826041/>. Acesso em: 10 maio 2022.

HUANG, M. *et al.* Protective effects of non-extractable phenolics from strawberry against inflammation and colon cancer in vitro. **Food Chemistry**, [Oxford], v. 374, p. 1-8, Apr. 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814621027655>. Acesso em: 14 maio 2022.

INFANTE, J. **Composição fenólica e atividade antioxidante de polpa, casca, semente e folhas de espécies frutíferas nativas do Brasil**. 2013. 114 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2013.

KHODABAKHSHIAN, R.; KHOJASTEHPUR, M. Characteristics changes of date fruits during ripening period on-palm. **Agricultural Engineering International**, [Japan], v. 23, n. 4, p. 243-255, Dec. 2021. Disponível em: <https://www.google.com/url?esrc=s&q=&rct=j&sa=U&url=https://cigrjournal.org/index.php/Ejournal/article/download/6731/3717/35191&ved=2ahUKEwjNoLq4q7P6AhXvLbkGHRStBJQQFnoECAoQAg&usg=AOvVaw1d7sJAmVyZh5D1YFV-PGXz>. Acesso em: 10 maio 2022.

KOBORI, R. *et al.* Changes in the polyphenol content of red raspberry fruits during ripening. **Horticulturae**, [Basel], v. 7, n. 569, p. 1-16, Dec. 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2311-7524/7/12/569>. Acesso em: 05 maio 2022.

KYOMUGASHO, C. *et al.* FT-IR spectroscopy, a reliable method for routine analysis of the degree of methylesterification of pectin in diferente fruit – and vegetable-based matrices. **Food Chemistry**, [Oxford], v. 176, p. 82-90, June 2015. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25624209/>. Acesso em: 17 maio 2022.

LI, X. *et al.* Characterization of carotenoids and phenolics during fruit ripening of Chinese raspberry (*Rubus chingii* Hu). **Royal Society of Chemistry**, [Washington], v. 11, n. 18, p. 10804–10813, Mar. 2021. Disponível em: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2021/ra/d0ra10373j>. Acesso em: 10 maio 2022.

LIMA, J. da S. S. *et al.* Physicochemical properties of Gabiroba (*Campomanesia lineatifolia*) and Myrtle (*Blepharocalyx salicifolius*) native to the mountainous region of Ibiapaba – CE, Brazil. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 29, n. 3, p. 753-757, July/Sept. 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rcaat/a/GKwDgGyvGw7vnwnJ4k4bJDG/?lang=en>. Acesso em: 11 maio 2022.

LIU, Q. *et al.* Genipin-crosslinked amphiphilic chitosan films for the preservation of strawberry. **International Journal of Biological Macromolecules**, [Amsterdam], v. 213, p. 804-813, July 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0141813022012375>. Acesso em: 17 maio 2022.

MAHMUD, M. M. *et al.* Microwave-assisted extraction and characterization of pectin from citrus fruit wastes for commercial application. **Food Research**, [Malaysia], v. 5, n. 5, p. 80-88, Oct. 2021. Disponível em: [https://www.myfoodresearch.com/uploads/8/4/8/5/84855864/\\_8\\_\\_fr-2020-592\\_mahmud\\_1.pdf](https://www.myfoodresearch.com/uploads/8/4/8/5/84855864/_8__fr-2020-592_mahmud_1.pdf). Acesso em: 17 maio 2022.

MANACH, C. *et al.* Polyphenols: food sources and bioavailability. **American Society for Clinical Nutrition**, [Rockville], v. 79, n. 5, p. 727-747, May 2004. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15113710/>. Acesso em: 10 maio 2022.

MAQSOOD, S. *et al.* Bioactive compounds from date fruit and seed as potential nutraceutical and functional food ingredients. **Food Chemistry**, [Oxford], v. 308, Mar. 2020. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31669945/>. Acesso em: 05 maio 2022.

McCREADDY, R. M.; McCOMB, E. A. Extraction and determination of total pectic materials in fruits. **Analytical Chemistry**, [Washington], v. 24, n. 12, p. 1986-1988, Dec. 1952. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/ac60072a033>. Acesso em: 04 maio 2022.

MEDINA, M. B. Determination of the total phenolics in juices and superfruits by a novel chemical method. **Journal of Functional Foods**, [Amsterdam], v. 3, n. 2, p. 79-87, Apr. 2011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1756464611000120>. Acesso em: 10 maio 2022.

MELLIDOU, I. *et al.* Regulation of fruit ascorbic acid concentrations during ripening in high and low vitamin C tomato cultivars. **BMC Plant Biology**, [London], v. 12, n. 239, p. 1-19, Dec. 2012. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23245200/>. Acesso em: 03 maio 2022.

MOREIRA, L. S. *et al.* Development of procedure for sample preparation of cashew nuts using mixture design and evaluation of nutrient profiles by Kohonen neural network. **Food Chemistry**, [Oxford], v. 273, p. 136-143, Feb. 2019. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30292359/>. Acesso em: 10 maio 2022.

MORZELLE, M. C. *et al.* 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, Mar. 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/CspwGdNgSwZbmVzTcGRF8fk/?lang=pt>. Acesso em: 02 maio 2022.

MOSEN, E. R. Dietary reference intakes for the antioxidant nutrientes: Vitamin C, vitamin E, selenium, and carotenoids. **Journal of American Dietetic Association**, [United States], v. 100, n. 6, p. 637-640, June 2000. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10863565/>. Acesso em: 04 maio 2022.

NEVES, L. C. *et al.* Determining the harvest time of camu-camu [*Myrciaria dúbia* (H.B.K.) McVaugh] using measured pre-harvest attributes. **Scientia Horticulturae**, [Amsterdam], v. 186, p. 15-23, Apr. 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423815000606>. Acesso em: 07 maio 2022.

NGUYEN, T. T. *et al.* Impact of electron beam irradiation on the chlorophyll degradation and antioxidant capacity of mango fruit. **Applied Biological Chemistry**, [Singapore], v. 64, n. 1, p. 1-19, Feb. 2021. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33553856/>. Acesso em: 13 maio 2022.

PARADISO, V. M. *et al.* Nutritional characterization and shelf-life of packaged microgreens. **Food & Function**, [Cambridge], v. 9, n. 11, p. 5629-5640, Nov. 2018. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30298894/>. Acesso em: 16 maio 2022.

PEARCE, J. G.; SHAAR, Z.; CROSBIE, R. E. Scattering of energetic ions by solids - a simulation. **Simulation**, [United Kingdom], v. 29, n. 4, p. 97–104, Oct. 1977. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/003754977702900403>. Acesso em: 09 maio 2022.

PEREIRA, M. C. *et al.* Characterization and antioxidant potential of Brazilian fruits from the Myrtaceae family. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [Washington], v. 60, n. 12, p. 2061-2067, Mar. 2012. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22397467/>. Acesso em: 03 maio 2022.

PICO, J. *et al.* Systematic evaluation of the Folin–Ciocalteu and Fast Blue BB reactions during the analysis of total phenolics in legumes, nuts and plant seeds. **Food & Function**, [Cambridge], v. 11, p. 9868-9880, Oct. 2020. Disponível em: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2020/fo/d0fo01857k>. Acesso em: 15 maio 2022.

PULIDO, R.; BRAVO, L.; SAURA-CALIXTO, F. Antioxidant activity of dietary polyphenols as determined by a modified ferric reducing/antioxidant power assay. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [Washington], v. 48, n. 8, p. 3396-3402, July 2000. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf9913458>. Acesso em: 18 maio 2022.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **A guide to carotenoid analysis in foods**. Washington: Internacional Life Sciences Institute Press, 2001. p. 64.

RUFINO, M. do S. M. *et al.* Bioactive compounds and antioxidante capacities of 18 no-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, [Oxford], v. 121, n. 4, p. 996-1002, Aug. 2010. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814610001172>. Acesso em: 01 jun. 2022.

SANTOS, G. L. dos *et al.* Degradation of the Brazilian Cerrado: Interactions with human disturbance and environmental variables. **Forest Ecology and Management**, [Amsterdam], v. 482, p. 1-11, Feb. 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378112720316443>. Acesso em: 19 maio 2022.

SANTOS, M. A. dos *et al.* Growth and development of gabioba [*Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg] fruits. **African Journal of Agricultural Research**, [Nigeria], v. 10, n. 14, p. 1765-1772, Apr. 2015. Disponível em: <https://academicjournals.org/journal/AJAR/article-full-text-pdf/FEEEDDC52343>. Acesso em: 17 maio 2022.

SCHMIDT, H. de O. *et al.* New insights into the phenolic compounds and antioxidante capacity of feijoa and cherry fruits cultivated in Brazil. **Food Research International**, [Amsterdam], v. 136, Oct. 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0963996920305895>. Acesso em: 20 maio 2022.

SILVA, E. dos S. *et al.* Evaluation of macro and micronutrient elements content from soft drinks using principal component analysis and Kohonen self-organizing maps. **Food Chemistry**, [Oxford], v. 273, p. 9-14, Feb. 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030881461830983X>. Acesso em: 15 maio 2022.

SILVA, E. P. da *et al.* Caracterização física, química e fisiológica de gabioba (*Campomanesia pubescens*) durante o desenvolvimento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 4, p. 803-809, out./dez. 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cta/a/6zwHg3nK3wsNzcxDvsnm6kD/abstract/?lang=en>. Acesso em: 11 maio 2022.

SOUZA, A. G. de *et al.* Caracterização físico-química de frutos nativos da região Sul do Brasil. **Revista Evidência**, [Joaçaba], v. 18, n. 1, p. 81-94, jun. 2018. Disponível em: <https://periodicos.unoesc.edu.br/evidencia/article/view/16546>. Acesso em: 03 maio 2022.

SOUZA, J. L. da C. *et al.* Caracterização física e química de gabioba e murici. **Revista Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 42, n. 3, p. 792-800, ago. 2019. Disponível em: <https://revistas.rcaap.pt/rca/article/view/17521>. Acesso em: 02 maio 2022.

STROHEKER, R.; HENNING, H. M. **Analisis de vitaminas: métodos comprovados**. Madrid: Paz Montalvo, 1967. 428 p.

SUBBIAH, V. *et al.* Screening of phenolic compounds in Australian grown berries by lc-esi-qtof-ms/ms and determination of their antioxidant potential. **Antioxidants**, [Basel], v. 10, n. 26, p. 1-22, Jan. 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-3921/10/1/26>. Acesso em: 11 maio 2022.

SWALLAH, M. S. *et al.* Antioxidant potential overviews of secondary metabolites (polyphenols) in fruits. **International journal of Food Science**, [United Kingdom], v. 2020, p. 1-8, May 2020. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32455130/>. Acesso em: 01 maio 2022.

VATANEN, T. *et al.* Self-organization and missing values in SOM and GTM. **Neurocomputing**, [Amsterdam], v. 147, p. 60–70, Jan. 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925231214007127>. Acesso em: 11 maio 2022.

VERRUCK, S. *et al.* *Campomanesia* spp. native fruits as potential source of health-promoting compounds. **Bioscience Journal**, [Uberlândia], v. 37, p. 1-7, Sept. 2021. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/54318>. Acesso em: 12 maio 2022.

VERRUCK, S. *et al.* Nutritional composition of Brazilian native species of *Campomanesia* spp. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 9, n. 7, p. 1-13, May 2020. Disponível em: [https://redib.org/Record/oai\\_articulo3002946-nutritional-composition-brazilian-native-species-campomanesia-spp](https://redib.org/Record/oai_articulo3002946-nutritional-composition-brazilian-native-species-campomanesia-spp). Acesso em: 08 maio 2022.

VO, G. T. *et al.* Screening of phenolic compounds in Australian grown grapes and their potential antioxidant activities. **Food Bioscience**, [Amsterdam], v. 47, n. 3, June 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2212429222001031>. Acesso em: 13 maio 2022.

WATKINS, C. B. Fisiologia pós colheita de tecidos vegetais comestíveis. *In*: DAMORAN, S.; PARKIN, L. (eds.). **Química de alimentos de Fennema**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2019. p. 1013-1079.

WU, D. *et al.* Characteristics changes of Chinese bayberry (*Myrica rubra*) during different growth stages. **Journal of Food Science and Technology**, [New Delhi], v. 56, n. 2, p. 654-662, Feb. 2019. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6400754/>. Acesso em: 16 maio 2022.

XU, M. *et al.* Metabolomic analysis of acerola cherry (*Malpighia emarginata*) fruit during ripening development via UPLC-Q-TOF and contribution to the antioxidant activity. **Food Research International**, [Amsterdam], v. 130, p. 1-9, Apr. 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0963996919308014>. Acesso em: 27 maio 2022.

ZHANG, H. *et al.* Methyl salicylate delays peel yellowing of 'Zaosu' pear (*Pyrus bretschneideri*) during storage by regulating chlorophyll metabolism and maintaining chloroplast ultrastructure. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, [Chichester], v. 99, n. 10, p. 4816-4824, Aug. 2019. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30980406/>. Acesso em: 05 maio 2022.

ZIA, M. P.; ALIBAS, I. Influence of the drying methods on color, vitamin C, anthocyanin, phenolic compounds, antioxidant activity, and *in vitro* bioaccessibility of blueberry fruits. **Food Bioscience**, [Amsterdam], v. 42, Aug. 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2212429221003047>. Acesso em: 07 maio 2022.

ZITHA, E. Z. M. *et al.* Changes in the bioactive compounds and antioxidant activity in red-fleshed dragon fruit during its development. **Scientia Horticulturae**, [Amsterdam], v. 291, Jan. 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423821007184>. Acesso em: 02 maio 2022.

ZITOUNI, H. *et al.* Exploring antioxidant activity, organic acid, and phenolic composition in strawberry tree fruits (*Arbutus unedo* L.) growing in Morocco. **Plants**, [Basel], v. 9, n. 12, p. 1-24, Nov. 2020. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33266055/>. Acesso em: 15 maio 2022.

**ARTIGO 2 - ALTERAÇÕES NA COMPOSIÇÃO CENTESIMAL, PERFIL MINERAL  
E FENÓLICO DE FRUTOS DE *Campomanesia pubescens* AO LONGO DO  
DESENVOLVIMENTO**

Elaborado de acordo com a Norma NBR 6022 (ABNT, 2018)

Gilson Gustavo Lucinda Machado, Kalynka Gabriella do Livramento, Eduardo Valério de  
Barros Vilas Boas

Departamento de Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras, 37200-000, Lavras,  
Minas Gerais, Brasil.

## RESUMO

*Campomanesia pubescens* (Myrtaceae) é uma espécie nativa do Cerrado encontrada dispersa, na forma de arbustos, em meio à vegetação rasteira, principalmente no Sudeste e Centro-Oeste do Brasil, e seus frutos são conhecidos como gabioba. O objetivo deste trabalho foi avaliar a composição centesimal, mineral e perfil de fenólicos de gabiobas ao longo do seu desenvolvimento. Os frutos em estudo apresentaram grande variabilidade em sua composição centesimal em função dos estádios de desenvolvimento. Os teores dos minerais individuais estudados reduziram linearmente durante o desenvolvimento da gabioba. O consumo de 100 g de gabioba madura pode contribuir com 4,47; 6,95; 3,20; 7,1; 1,54; 22,62; 9,56; e 11,11% da ingestão diária recomendada para Ca, Mg, P, K, Zn, Fe, Mn e Cu, respectivamente. Onze fenólicos foram identificados na gabioba, sendo os mais abundantes nos frutos maduros: trigonelina, ácido gálico, teobromina, vanilina, ácido ferúlico e ácido *m*-cumárico, seguido pelo ácido cafeico, siríngico, *p*-cumárico, rosmarínico e *trans*-cinâmico. O mapa auto-organizável de Kohonen, além de corroborar as análises de regressão realizadas, permitiu a obtenção de dados complementares referentes aos agrupamentos dos frutos colhidos em diferentes estádios e a observação das semelhanças e tendências de correlações de forma mais eficaz e intuitiva.

**Palavras-chave:** Cerrado. Frutos nativos. Gabioba. Myrtaceae. Potencial funcional. Valor nutricional.



## ABSTRACT

*Campomanesia pubescens* (Myrtaceae) is a native species from Brazilian Cerrado biome. It is found dispersed in the form of shrubs in amidst of undergrowth vegetation, mainly in Southeast and Central-West Brazil. Its fruit are popularly known as gabioba. The objective of this work was to evaluate the proximate composition and mineral and phenolic profile of gabioba throughout its development. The fruit under study showed great variability in their proximate composition as a function of the development stages. The contents of the individual minerals studied decreased linearly during the development of gabioba. The consumption of 100 g of ripe gabioba can contribute with 4.47; 6.95; 3.20; 7.1; 1.54; 22.62; 9.56 and 11.11% of the recommended daily intake for Ca, Mg, P, K, Zn, Fe, Mn and Cu, respectively. Eleven phenolics compounds were identified in gabioba, the most abundant in ripe fruits being trigonelline, gallic acid, theobromine, vanillin, ferulic acid and m-coumaric acid, followed by caffeic, syringic, p-coumaric, rosmarinic, and trans-cinnamic acid. Kohonen's self-organizing map, in addition to corroborating the regression analyses, allowed to obtain complementary data referring to the groups of fruits harvested at different stages and to observe the similarities and trends of correlations in a more effective and intuitive way.

**Keywords:** Cerrado. Native fruit. Gabioba. Myrtaceae. Functional potential. Nutritional potential.

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil é caracterizado por uma geografia favorável à produção de frutas. Contudo, um grande número de espécies frutíferas nativas permanece inexplorado, apesar do elevado potencial nutricional, funcional, sensorial e econômico de seus frutos (SCHIASI *et al.*, 2018).

A qualidade dos frutos, construída ao longo de seu desenvolvimento, envolve atributos nutricionais e sensoriais, além da segurança, embora, atualmente, os olhos dos consumidores estejam muito voltados para seu apelo funcional. Assim, o estudo da composição dos frutos é importante para se compreender seu valor nutricional, potencial sensorial e apelo funcional.

O conhecimento das alterações associadas à construção da qualidade dos frutos é fundamental no aprimoramento de técnicas agrícolas pré e pós-colheita que permitam, além do aumento da produtividade, a obtenção de frutos de melhor qualidade e, conseqüentemente, mais valorizados. Ressalta-se a grande preocupação atual dos consumidores por produtos alimentícios com propriedades benéficas à saúde (TRINDADE *et al.*, 2022).

*Campomanesia pubescens* (Myrtaceae) é uma espécie nativa do Cerrado, o segundo maior bioma brasileiro, com cobertura vegetal típica das savanas. A espécie é encontrada dispersa, na forma de arbustos, em meio à vegetação rasteira, principalmente no Sudeste e Centro-oeste do Brasil, e seu frutos são conhecidos como gabirola.

A segurança e o potencial ansiolítico e antidepressivo de extratos etanólicos de frutos de *C. pubescens* foram demonstrados em ratos (BOAS *et al.*, 2018, 2020), enquanto a capacidade antimicrobiana foi demonstrada no extrato hexânico de frutos de *C. pubescens* e *C. adamantium* (CARDOSO *et al.*, 2010). A caracterização física e química de frutos maduros de *C. pubescens*, *C. Guazumifolia* e *C. rufa*, oriundos de diferentes localidades no Brasil, já foi reportada, comprovando o potencial nutricional dos frutos do gênero *Campomanesia* (ABREU *et al.*, 2020; GOLDINI *et al.*, 2019; MORZELE *et al.*, 2015; SILVA *et al.*, 2009; SOUZA *et al.*, 2019; VERRUCK *et al.*, 2020). Não obstante, apenas um estudo foi encontrado sobre a avaliação física, química e fisiológica da gabirola (*C. pubescens*) produzida no Sul do estado de Minas Gerais, Brasil, ao longo do desenvolvimento (SILVA *et al.*, 2009). Entretanto, a avaliação do potencial nutricional e funcional, com base na composição centesimal e perfis mineral e fenólico, não foi explorada nesse trabalho. Ademais, considerando-se que *C. pubescens* é uma espécie nativa, propagada sexuadamente, o efeito do genótipo sobre a qualidade dos frutos é esperado, assim como das condições edafoclimáticas às quais a planta mãe foi submetida, o que justifica o estudo de frutos oriundos de diferentes localidades. Assim, fica clara a carência de informações científicas sobre a construção da qualidade de gabirola, ao

longo do seu desenvolvimento, bem como o caráter inédito desta pesquisa. Os resultados desta pesquisa podem ser úteis em programas de melhoramento genético, visando a domesticação da espécie, bem como no aprimoramento de práticas culturais que visam o aumento da produtividade e a obtenção de frutos de melhor qualidade. O estudo pode ser útil, também, na determinação do ponto ideal de colheita da gabioba, dependendo de sua finalidade.

Desse modo, este trabalho teve como objetivo a avaliação da composição centesimal, mineral e do perfil de fenólicos de gabiobas ao longo de seu desenvolvimento.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

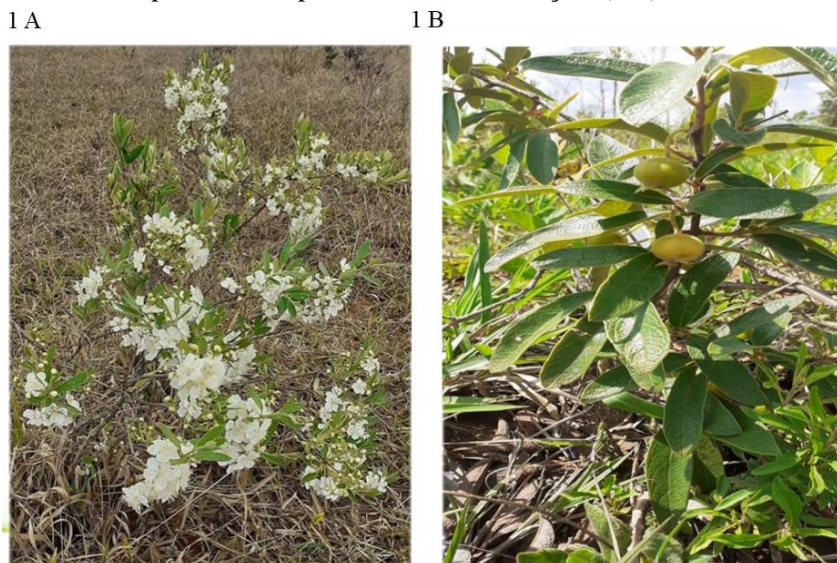
### 2.1 Delineamento experimental

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC) simples constituído por sete períodos de avaliação da gabirola (9 a 63 dias após a antese, com intervalo de colheita de 9 dias), com 3 repetições.

### 2.2 Material vegetal

Frutos de *Campomanesia pubescens* (FIGURA 1A) foram colhidos em uma área de pastagem nativa com formação típica do Cerrado e com predomínio dessa espécie, na Fazenda Bela Vista, localizada a 7 km do município de Santana do Garambéu, situada nos Campos das Vertentes, Minas Gerais, Brasil (Latitude: 21° 34' 30" Sul, Longitude: 44° 4' 49" Oeste, 1044,52 m de altitude). Cerca de 150 espécimes (plantas) de *Campomanesia pubescens* foram marcados com placas numeradas e acompanhados desde a floração, que se iniciou em agosto com seu ápice no mês de setembro, sendo as floradas identificadas por meio de fios de lãs de diferentes cores (FIGURA 1B) para uma melhor padronização da data de colheita. Os frutos foram colhidos nos meses de setembro, outubro e novembro de 2021, em sete estádios de desenvolvimento distintos, dos 9 aos 63 dias após a antese, com um intervalo de colheita correspondente a 9 dias.

Figura 1 – *Campomanesia pubescens* em floração (1A) e com frutos (1B).



Fonte: Do autor (2022).

Cerca de 2 kg de frutos foram colhidos, em cada estágio de desenvolvimento, separados em três repetições, acondicionados em caixas de poliestireno contendo gelo e transferidos para o Laboratório de Pós-colheita de Frutas e Hortaliças da Universidade Federal de Lavras. Frutos com presença ou indícios de ação de patógenos, pragas e defeitos foram descartados. Os frutos foram então congelados em nitrogênio líquido, triturados, embalados e armazenados em ultrafreezer (Coldlab- CL374-86V) a -80 °C, até o momento da realização das análises.

## 2.3 Análises

### 2.3.1 Composição centesimal

Determinada de acordo com AOAC (2019) e os resultados expressos em g/100 g<sup>-1</sup> de matéria fresca. A umidade foi determinada utilizando método gravimétrico com emprego de calor, em estufa ventilada à temperatura de 105 °C, até a obtenção de peso constante. Os lipídeos (extrato etéreo) foram determinados após extração com éter em aparelho tipo Soxhlet. O teor de proteína bruta foi determinado segundo a técnica de micro-kjeldahl, considerando-se 6,25 como o fator de conversão de nitrogênio a proteína. O teor de cinzas foi determinado por método gravimétrico em mufla regulada a 550 °C. Uma combinação de métodos enzimáticos e gravimétricos foi utilizada na determinação da fibra alimentar. Alfa-amilase, protease (*Bacillus licheniformis*) e amiloglucosidade foram utilizadas na digestão das amostras, sob agitação e rígido controle de pH/temperatura/tempo (6,0/95 °C/15 min; 7,5/60 °C/30 min; 4,3/60 °C/30 minutos, respectivamente). Após digestão, as amostras foram mantidas em repouso durante uma noite, após tratamento com etanol a 95% e filtradas a vácuo em cadinhos de fundo poroso forrados com Celite. A filtração foi concluída após lavagem dos cadinhos com etanol a 78%, etanol a 95% e acetona P.A. Cadinhos mais resíduo, obtidos após filtração, foram secos em estufa com circulação de ar a 105 °C por 12 horas e pesados. O procedimento descrito foi realizado utilizando-se três cadinhos por amostra, sendo que o teor de proteína bruta e cinza foi determinado no resíduo dos cadinhos dois e três. O teor de fibra alimentar foi obtido empregando-se a fórmula 1 que se segue:

$$\% \text{TDF} = \frac{R-P-A-B}{SW} \cdot 100 \quad (1)$$

Em que TDF: fibra dietética total; R: peso dos resíduos; P: teor de proteína; A: peso das cinzas; B: branco; SW: peso da amostra.

A fração glicídica (FG) foi determinada por diferença, utilizando-se a seguinte fórmula:  $FG = 100 - (\text{umidade} + \text{lipídios} + \text{proteínas} + \text{fibras} + \text{cinzas})$ .

### 2.3.2 Minerais

As amostras foram secas em estufa a 60 °C por 72 horas até peso constante, submetidas à digestão nitroperclórica e analisadas quanto à composição mineral, a saber: fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, cobre, manganês, zinco e ferro, de acordo com a metodologia de Malavolta, Vitti e Oliveira (1997). Os resultados foram expressos em mg/100 g<sup>-1</sup> de matéria fresca.

### 2.3.3 Perfil de fenólicos

Os compostos fenólicos foram extraídos a partir de 2,5 g de amostra, homogeneizados em 20 mL de metanol 70% (V/V) grau HPLC e mantidos em banho ultrassônico à temperatura ambiente por 1 hora. O extrato obtido então foi centrifugado a 8832 g por 15 minutos a 4 °C, sendo posteriormente filtrado em papel filtro quantitativo de 25 µm de porosidade. Antes da injeção os extratos foram filtrados novamente usando filtro de membrana com 13 mm de diâmetro e poro de 0,22 µm. A determinação e a quantificação dos fenólicos foram realizadas na Central de Análise e Prospecção Química da Universidade Federal de Lavras, empregando-se o cromatógrafo líquido de alta eficiência (HPLC-DAD-UV-Vis), modelo Shimadzu, constituído de bomba quaternária LC-20AT, degaseificador DGU-20A5 (nº série: L20244808404), injetor SIL-20A (nº série: L20164503197), controladora CBM-20A (nº série: L20234505269), forno CTO-20AC (nº série: L20214503287), detector SPDM-20A (nº série: L20154503047), detector RID- 10A (nº série: C20934806770) e coletor frações FRC-10A (nº série: C20374504580). A análise seguiu os seguintes parâmetros: temperatura do forno 35 °C; coluna Shim-pack VP-ODS 250 mm x 4,6 mm x 5 µm; e pré-coluna Shim-pack GVP-ODS 10 mm x 4,6 mm x 5 µm. A fase móvel constituiu-se de 2% (V/V) de ácido acético glacial em água tipo 1.5.10.2 (fase móvel A); e 70:28:2% (v/v) de metanol/água/ácido acético (fase móvel B), a uma taxa de fluxo de 1,0 mL.min<sup>-1</sup> com um programa de eluição de gradiente de execução de 65 minutos. O volume de injeção foi de 20 µL e os compostos fenólicos detectados a 280 nm. Soluções-padrão foram preparadas a partir da diluição de trigonelina, teobromina,

catequina, vanilina, resveratrol, ácido gálico, clorogênico, cafeico, siríngico, *p*-, *o*- e *m*-cumárico, ferúlico, rosmarínico e *trans*-cinâmico em metanol. As curvas de calibração foram obtidas a partir de injeções de dez concentrações diferentes de cada padrão, em duplicata. Os compostos fenólicos foram identificados por comparação dos tempos de retenção dos picos amostrais com os tempos dos padrões disponíveis. Os resultados foram expressos em mg/100 g<sup>-1</sup> da amostra fresca. Sendo investigado na análise os seguintes fenólicos: trigonelina, teobromina, catequina, vanilina, resveratrol, ácidos gálico, clorogênico, cafeico, siríngico, *p*-, *o*- e *m*-cumárico, ferúlico, rosmarínico e *trans*-cinâmico.

## 2.4 Estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e, no caso do teste F significativo, à regressão polinomial, sendo os modelos selecionados com base no teste F e coeficiente de determinação. As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa SISVAR (FERREIRA, 2010).

Os dados obtidos foram, ainda, utilizados para a obtenção do mapa auto-organizável de Kohonen para classificar os frutos em *clusters*, de acordo com a semelhança de suas propriedades. O pacote SOM Toolbox 2.1 (VATANEN *et al.*, 2015) foi utilizado no programa Matlab R2015a, com as devidas modificações, para melhorar a obtenção e validação dos *clusters*, por meio dos índices de Davies-Bouldin e de Silhueta.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Baseando-se na Figura 2, nota-se o crescimento dos frutos de *Campomanesia pubescens* durante 54 dias pós-antese, sendo que os frutos se encontravam no estágio verde-maturo aos 54 dias e maduros aos 63 dias. Percebeu-se uma grande variação da composição centesimal da gabioba, sendo que todas as variáveis analisadas apresentaram comportamento cúbico ao longo do desenvolvimento ( $P < 0,05$ ; FIGURA 3).

Figura 2 – Frutos de *Campomanesia pubescens* em diferentes estádios de desenvolvimento.

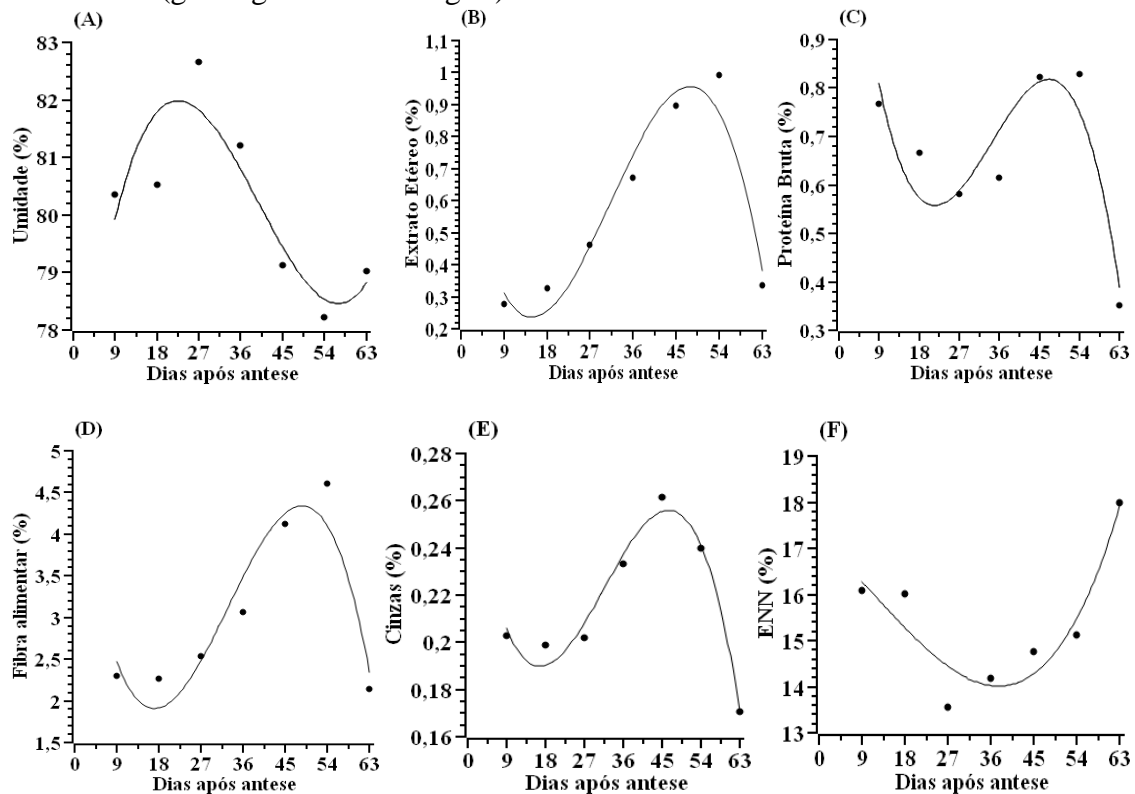


Fonte: Do autor (2022).

Observaram-se uma elevação da umidade nos primeiros 27 dias de desenvolvimento da gabioba, seguida de redução até os 54 dias, e um leve aumento no final do amadurecimento (FIGURA 3A).



Figura 3 - Composição centesimal da gabiroba em diferentes estádios de desenvolvimento ( $\text{g}/100 \text{g}^{-1}$  matéria integral).



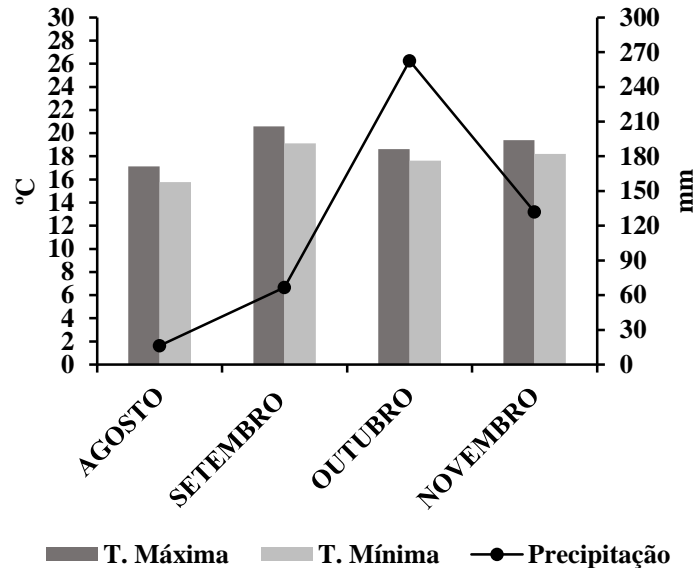
Legenda: Equações e  $R^2$  dos parâmetros avaliados: umidade ( $y = 0,000172x^3 - 0,020490x^2 + 0,662454 + 75,495714$ ;  $R^2 = 79,01$ ); extrato etéreo ( $y = -0,000039x^3 + 0,003718x^2 - 0,0841161x + 0,794952$ ;  $R^2 = 94,42$ ); proteína bruta ( $y = -0,000031x^3 + 0,003217x^2 - 0,095131x + 1,426524$ ;  $R^2 = 83,84$ ); fibra alimentar ( $y = -0,000156x^3 + 0,015336x^2 - 0,387842x + 4,834223$ ;  $R^2 = 88,84$ ); cinzas ( $y = -0,000005x^3 + 0,000479x^2 - 0,011793x + 0,276714$ ,  $R^2 = 96,83$ ) ENN ( $y = -0,000001x^4 + 0,000237x^3 - 0,010871x^2 - 0,077394x + 16,253192$ ;  $R^2 = 86,60$ ).

Fonte: Do autor (2022).

Essas alterações sugerem uma alta demanda hídrica dos frutos no período de maior taxa de crescimento e durante o amadurecimento. De fato, o metabolismo nessas fases tende a ser mais alto, o que exige maior aporte da água. Entretanto, as variações de umidade também podem estar relacionadas a variações no clima durante o desenvolvimento dos frutos. Períodos de déficit hídrico e altas temperaturas se relacionam com redução da umidade de frutos, enquanto quando a capacidade de campo do solo está próxima a 100%, em função das chuvas, a tendência é que os frutos absorvam mais água e aumentem sua umidade. Dados climatológicos coletados durante o desenvolvimento da gabiroba são apresentados na Figura 4. O crescimento dos frutos se deu, sobretudo, entre os meses de setembro e outubro, período de elevação na precipitação e temperatura. A maturação dos frutos se concentrou no mês de novembro, coincidentemente com quedas nos níveis pluviométricos, sem grandes alterações na temperatura média. Quanto maior a temperatura, maior a evapotranspiração, com reflexos na redução da umidade dos frutos, caso a água não seja repostada, naturalmente pela chuva, ou por

sistemas de irrigação. Assim, as alterações na umidade dos frutos podem ser associadas, pelo menos em parte, às alterações climáticas.

Figura 4 - Dados referentes às médias mensais de precipitação, temperatura máxima e mínima nas datas de colheita da gabioba.



Legenda: Os dados do gráfico são referentes à região de Barbacena, MG, local mais próximo da região de coleta das amostras.

Fonte: Adaptado do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2021).

Notou-se elevação do extrato etéreo da gabioba durante 54 dias pós-antese, coincidentemente com seu crescimento, seguida de queda durante o amadurecimento (FIGURA 3B). Ressalta-se, entretanto, que o teor máximo de extrato etéreo não ultrapassou 1%. De fato, os frutos, de forma geral, não são considerados fontes de lipídeos. De toda sorte, o crescimento dos frutos foi marcado pela síntese de lipídeos, enquanto o amadurecimento pela sua degradação. Essa degradação pode ser associada à hidrólise dos óleos e emprego dos ácidos graxos resultantes em vias biossintéticas de voláteis, que conferem o aroma à gabioba, como ocorre com outros frutos (CHABALALA; ADAM; ALI, 2022; SHI *et al.*, 2019). Os ácidos graxos, *per si*, podem contribuir para o aroma dos frutos, ou podem dar origem a ésteres, comuns em frutos maduros, após sua fusão com álcoois. Ademais, o amadurecimento é marcado pelo aumento da permeabilidade das membranas, havendo uma maior interação entre enzimas e substratos, o que intensifica o metabolismo dos ácidos graxos (CHITARRA; CHITARRA, 2005), podendo resultar na sua redução.

Os teores de proteína bruta oscilaram entre 0,58 e 0,83% durante o crescimento dos frutos, reduzindo para 0,35% durante o amadurecimento (FIGURA 3C). Logo, a gabioba não pode ser considerada fonte de proteínas, assim como a maioria dos frutos. O crescimento foi

marcado, portanto, por *turnover* de proteínas, enquanto o amadurecimento pela predominância de reações de degradação. Alterações nos teores de proteínas, mesmo em baixa escala, podem ser associadas ao papel específico das proteínas em cada estágio de desenvolvimento do fruto. Elas regulam uma série de reações metabólicas, por meio de funções enzimáticas no citoplasma, nas membranas e paredes celulares, o que leva a alterações durante o desenvolvimento dos frutos (WATKINS, 2019).

O crescimento da gabirola foi marcado pelo aumento nos teores de fibra alimentar, atingindo um pico de 4,61% aos 54 dias, quando os frutos se encontravam verde-maturos, seguido de queda até 2,14%, nos frutos maduros (FIGURA 3D). O aumento da fibra alimentar é associado à síntese de compostos de parede celular, como pectina, hemicelulose e celulose, polissacarídeos que podem ser despolimerizados, solubilizados e consumidos no metabolismo durante o amadurecimento (ZHANG *et al.*, 2021). A ingestão diária recomendada de fibras gira em torno de 30 g. Logo, o consumo de gabirola e seus produtos pode contribuir de forma significativa para que a ingestão recomendada seja alcançada. O consumo de 100 g de gabirola contribuiria com cerca de 7% da ingestão diária recomendada de fibras.

O teor de cinzas aumentou até 0,26% nos primeiros 45 dias pós-antese, período de maior taxa de crescimento dos frutos, caindo, em seguida, até 0,17%, nos frutos maduros (FIGURA 3E). Visto que as cinzas correspondem ao resíduo mineral fixo de um alimento, seu acúmulo durante o crescimento está associado ao seu transporte, a partir da absorção pelo sistema radicular da planta mãe. A redução observada, especialmente durante o amadurecimento, pode ser relacionada, pelo menos em parte, à diluição dos minerais, em função do aumento de umidade dos frutos nesse período (FIGURA 5).

A fração glicídica, que se encontrava em 16,08% aos 9 dias pós-antese, caiu para 13,55% aos 27 dias, elevando-se até 17,99% nos frutos maduros (FIGURA 3F). A fração glicídica, determinada por diferença, diz respeito aos açúcares e amido, na maioria dos frutos. O seu acúmulo é um reflexo da translocação de fotoassimilados das folhas para os frutos. A redução observada entre 9 e 27 dias pós-antese sugere sua utilização como fonte energética em uma taxa superior ao de acúmulo de fotoassimilados. O aumento de 15,11 para 17,99%, durante o amadurecimento, pode ser associado ao metabolismo dos açúcares relacionado ou não à hidrólise de amido. Não obstante, a presença de amido em gabirola precisa ser confirmada. O acúmulo de açúcares se associa diretamente com o adoçamento dos frutos, comum durante seu amadurecimento.

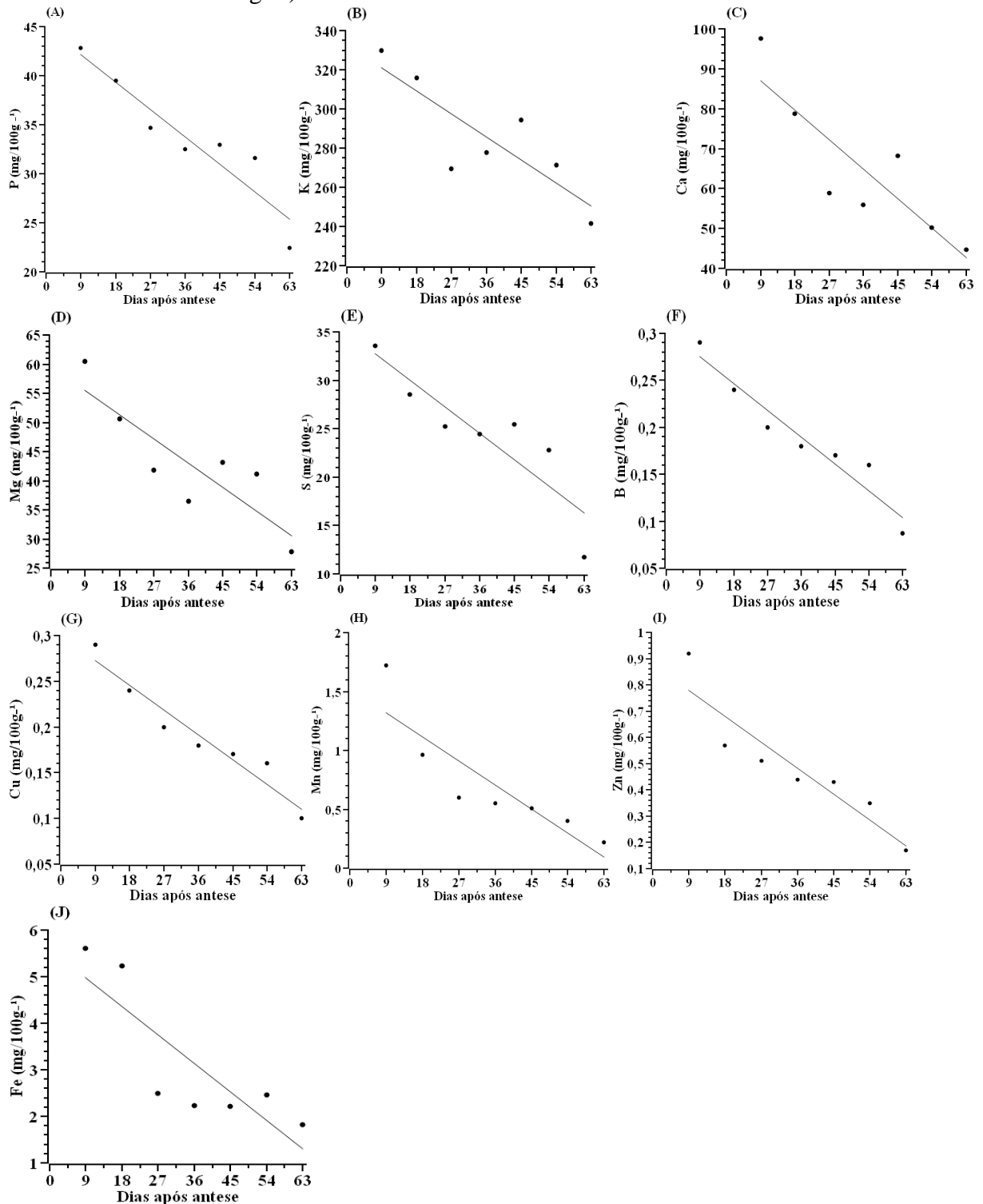
Os dados de composição centesimal da gabirola reportados no presente estudo se enquadram em uma amplitude de valores relatada para frutos do gênero *Campomanesia*

(ABREU *et al.*, 2020; MORZELLE *et al.*, 2015; SOUZA *et al.*, 2019; VERRUCK *et al.*, 2020). A composição centesimal sofre influência de genótipos, fatores ambientais e do estágio de desenvolvimento dos frutos (GOLDINI *et al.*, 2019), o que corrobora os dados relatados.

Embora o teor de cinzas, determinado junto às demais variáveis da composição centesimal, dê uma ideia generalizada do valor mineral do alimento, uma análise pormenorizada é fundamental para se conhecer seu real valor mineral. Além disso, a determinação de cinzas está sujeita a erros, como a volatilização de minerais em função da alta temperatura utilizada na incineração da amostra, ou mesmo interação com outros compostos, o que pode levar a um valor subestimado do teor de cinzas, ou minerais totais. Tendo-se isso em mente, realizou-se a determinação do perfil mineral da gabioba.

Todos os minerais avaliados apresentaram uma redução linear em suas concentrações, ao longo do desenvolvimento da gabioba ( $P < 0,05$ ; FIGURA 5). A água e os sais minerais absorvidos pelas raízes são transportados, via xilema, para as folhas, onde ocorre a fotossíntese, e de lá os fotoassimilados partem para outros órgãos, como os frutos, ao longo de todo o seu desenvolvimento. Embora os açúcares, como a sacarose, sejam os compostos majoritários na translocação das folhas para os frutos, outros compostos também são translocados, como os minerais. Entretanto, a proporção entre esses compostos na seiva elaborada pode variar durante o desenvolvimento dos frutos. Assim, a redução das concentrações dos diferentes minerais sugere uma redução na relação minerais/fotoassimilados translocados durante o desenvolvimento da gabioba. Entende-se, portanto, que não houve uma redução real nos minerais do fruto e sim uma diminuição relativa, proporcional ao acúmulo de fotoassimilados, como os carboidratos.

Figura 5 - Minerais da gabioba em diferentes estádios de desenvolvimento (mg/100 g<sup>-1</sup> da matéria integral).



Legenda: equações e R<sup>2</sup> dos parâmetros avaliados: fósforo ( $y = -0,312039 + 45,015070$ ; R<sup>2</sup>= 88,10); potássio ( $y = -1,30x + 332,757576$ ; R<sup>2</sup> = 71,36); cálcio ( $y = -0,8202221x + 94,379723$ ; R<sup>2</sup> = 75,62); magnésio ( $y = -0,459300x + 59,601437$ ; R<sup>2</sup> = 74,56); enxofre ( $y = -0,305131x + 35,576233$ ; R<sup>2</sup> = 79,13); boro ( $y = -0,003181 + 0,305403$ ; R<sup>2</sup> = 93,54); cobre ( $y = -0,002012 + 0,246564$ ; R<sup>2</sup> = 80,21); manganês ( $y = -0,022800 + 1,528860$ ; R<sup>2</sup> = 77,96); Zinco ( $y = -0,010977 + 0,881785$ ; R<sup>2</sup> = 85,98); ferro ( $y = -0,068171 + 5,604452$ ; R<sup>2</sup> = 71,34).

Fonte: Do autor (2022).

Baseado no perfil mineral, constatou-se o potássio como o mineral majoritário da gabiropa madura, seguido do cálcio e magnésio.

A gabiropa madura mostrou-se uma excelente fonte de potássio (FIGURA 5B) (241,38 mg/100 g<sup>-1</sup>), superando a banana, alimento conhecido como fonte desse mineral. Devarajan *et al.* (2021) relatam valores de K na banana variando entre 20,98 e 129,3 mg/100 g<sup>-1</sup>, enquanto Oyeyinka e Afolayan (2019) relatam teores tão altos quanto 350,39 mg/100 g<sup>-1</sup> na polpa da banana. O potássio é importante por auxiliar na redução de doenças cardiovasculares, equilíbrio da pressão arterial e excreção urinária de cálcio, desempenhando um papel importante no controle da hipercalcúria e pedras nos rins, diminuindo ainda o risco de osteoporose, sendo necessário para o equilíbrio adequado de fluidos (GHARIBZAHEDI; JAFARI, 2017; HE; MACGREGOR, 2008).

A gabiropa madura apresentou um teor de cálcio (FIGURA 5C) de 44,68 mg/100 g<sup>-1</sup>, valor superior ao encontrado em outras frutas como banana (4,64 mg/100 g<sup>-1</sup>; 18 - 33 mg/100 g<sup>-1</sup>) (MASEKO *et al.*, 2022; OYEYINKA; AFOLAYAN, 2019), cagaita (27,16 mg/100 g<sup>-1</sup>) (GUEDES *et al.*, 2017), amêndoas do pequi (180 mg/100 g<sup>-1</sup>), murici (2 mg/100 g<sup>-1</sup>) e semente de maracujá doce (190,2 mg/100 g<sup>-1</sup>) (ARAÚJO *et al.*, 2018). O cálcio é importante por promover a saúde dos ossos e dentes, ajudando no relaxamento e contração muscular, sendo fundamental para o funcionamento do sistema nervoso, imunológico, coagulação sanguínea e regulação da pressão arterial (GHARIBZAHEDI; JAFARI, 2017).

O teor de magnésio encontrado na gabiropa madura foi de 27,83 mg/100 g<sup>-1</sup> (FIGURA 5D), superior ao relatado para a amêndoa de murici (1,8 mg/100 g<sup>-1</sup>) (ARAÚJO *et al.*, 2018) e frutos de *Campomanesia eugenioides* (21,74 mg/100 g<sup>-1</sup>), *Campomanesia xanthocarpa* (Berg) (14,35 mg/100 g<sup>-1</sup>) e *Campomanesia xanthocarpa var. littoralis* (23,59 mg/100 g<sup>-1</sup>) (VERRUCK *et al.*, 2020), variando muito entre espécies do mesmo gênero. Tal mineral possui uma infinidade de papéis no corpo humano, incluindo a de servir como cofator para mais de 300 reações enzimáticas. Pesquisas sugerem um efeito positivo do magnésio na recuperação de pessoas que tiveram acidente vascular cerebral, sendo de extrema importância na dieta por auxiliar na prevenção do AVC (KIRKLAND; SARLO; HOLTON, 2018).

A concentração de fósforo (FIGURA 5A) da gabiropa madura foi de cerca de 22,44 mg/100 g<sup>-1</sup>, inferior aos valores observados em mirtilo (67,15 mg/100 g<sup>-1</sup>) (YILDIRIM *et al.*, 2015), frutas silvestres nativas do Sul da África como *Arecaceae Phoenix reclinata* (88 mg/100 g<sup>-1</sup>), *Chrysobalanceae Parinari curatellifolia* (50,9 mg/100 g<sup>-1</sup>), *Fabaceae Cordyla africana* (82,6 mg/ 100 g<sup>-1</sup>), *Mesembryanthemaceae Carpobrotus edulis* (84,4 mg/ 100 g<sup>-1</sup>) (SIBIYA; KAYITESI; MOTEETEE, 2020) e frutos de *Oroxylum indicum* (31 mg/100 g<sup>-1</sup>) selvagem da

Tailândia (PUNCHAY *et al.*, 2020). O fósforo é necessário para a produção de proteínas pelo corpo, proporcionando o crescimento, manutenção e reparação celular, ATP e produção de energia, sendo também importante para a manutenção de ossos e dentes saudáveis. Ele atua ainda com vitaminas do complexo B, auxiliando no desempenho dos rins, contrações musculares, batimentos cardíacos regulares e sinalização nervosa (GHARIBZAHEDI; JAFARI, 2017).

Dos macronutrientes, o encontrado em menores concentrações na gabioba madura foi o enxofre (S) (11,70 mg/100 g<sup>-1</sup>) (FIGURA 5E). A concentração encontrada é superior à relatada para goiaba (0,14 mg/100 g<sup>-1</sup>) (CHIVEU *et al.*, 2019). Estudos indicam que o enxofre possui impacto no estresse oxidativo, inflamação, imunidade e até na percepção de dores musculares, e apesar de ainda não haver requisitos dietéticos para sua ingestão diária, seu impacto à saúde deve ser salientado (HEWLINGS; KALMAN, 2019).

A concentração de boro no fruto maduro foi de 0,087 mg/100 g<sup>-1</sup> (FIGURA 5F), inferior à encontrada na goiaba (0,27 mg/100 g<sup>-1</sup>) (CHIVEU *et al.*, 2019) e mirtilo (5,25 mg/100 g<sup>-1</sup>) (YILDIRIM *et al.*, 2015). Estudos indicam que o boro, nas concentrações ideais, auxilia no aumento da imunidade, apresenta efeitos antioxidantes e é importante no crescimento e desenvolvimento embrionário, além de auxiliar na função cerebral, combater a osteoporose e ser utilizado na terapia do câncer e cicatrização de feridas (KHALIQ; JUMING; KE-MEI, 2018; Hu *et al.*, 2022), entretanto, o consumo em excesso pode levar a efeitos opostos aos relatados.

O teor de cobre observado na gabioba madura foi de 0,10 mg/100 g<sup>-1</sup> (FIGURA 5G), inferior ao encontrado em frutas do mesmo gênero, como *Campomanesia eugenoides* (< 5,5 mg/100 g<sup>-1</sup>), *Campomanesia xanthocarpa* (Berg) (< 5,5 mg/100 g<sup>-1</sup>) e *Campomanesia xanthocarpa* var. *littoralis* (< 5,5 mg/100 g<sup>-1</sup>) (VERRUCK *et al.*, 2020), bem como em banana (0,4 mg/100 g<sup>-1</sup>), mamão (0,5 mg/100 g<sup>-1</sup>) (MORAIS *et al.*, 2017) e algumas frutas amazônicas como bacuri-azedo (1,50 mg/100 g<sup>-1</sup>), biribá (1,04 mg/100 g<sup>-1</sup>), cubiu, (1,03 mg/100 g<sup>-1</sup>), ingá-açu (0,70 mg/100 g<sup>-1</sup>) e pajurá (0,62 mg/100 g<sup>-1</sup>) (BERTO *et al.*, 2015). A ausência de Cu pode levar à síndrome de Menkes ou doença do cabelo impenetrável, embora em excesso possa levar à doença de Wilson (AVRAM; CARAGEA; VARZARU, 2021).

A gabioba madura apresentou um teor de manganês de 0,22 mg/100 g<sup>-1</sup> (FIGURA 5H), inferior ao relatado para outros frutos da mesma espécie como a *Campomanesia eugenoides* (< 2,5 mg/100 g<sup>-1</sup>), *Campomanesia xanthocarpa* (Berg) (< 2,5 mg/100 g<sup>-1</sup>) e *Campomanesia xanthocarpa* var. *littoralis* (< 2,5 mg/100 g<sup>-1</sup>) (VERRUCK *et al.*, 2020), contudo apresentou valor superior ao encontrado em frutos de *Solanum sessiliflorum* Dunal (0,04 mg/100 g<sup>-1</sup>) (SERENO *et al.*, 2018) e polpa de mamão papaia (0,05 mg/100 g<sup>-1</sup>) (MORAIS *et al.*, 2017). O

consumo do manganês em concentrações ideais tem demonstrado um papel significativo no metabolismo de carboidratos, efeito sobre o fígado, coração, rim, sistema nervoso central e outras funções reguladoras fisiológicas (GANDHI *et al.*, 2018).

A gabirola madura apresentou-se com um teor de zinco de 0,17 mg/100 g<sup>-1</sup> (FIGURA 5I), superior ao relatado para goiaba (0,09 mg/100 g<sup>-1</sup>) (CHIVEU *et al.*, 2019), semelhante ao relatado para frutos de *Campomanesia xanthocarpa* (Berg) (0,18 mg/100 g<sup>-1</sup>) e inferior ao relatado para outros frutos, como *Campomanesia eugenioides* (0,40 mg/100 g<sup>-1</sup>), *Campomanesia xanthocarpa* var. *littoralis* (0,31 mg/100 g<sup>-1</sup>) (VERRUCK *et al.*, 2020), mirtilo (0,25 mg/100 g<sup>-1</sup>) (YILDIRIM *et al.*, 2015), araçá (0,48 mg/100 g<sup>-1</sup>) (PASTA *et al.*, 2019), frutos *Neolamarckia cadamba* (7,17 mg/100 g<sup>-1</sup>) (PANDEY *et al.*, 2018), uvaia (6,05 mg/100 g<sup>-1</sup>), açaí (2,82 mg/100 g<sup>-1</sup>) e jatobá (1,14 mg/100 g<sup>-1</sup>) (PASTA *et al.*, 2019). A ingestão desse micromineral em concentrações abaixo ou acima da faixa recomendada pode levar a alterações na atividade enzimática, afetando diretamente a ocorrência e desenvolvimento de doenças (CHENG; CHEN, 2021).

A concentração de ferro encontrada na gabirola madura (1,81 mg/100 g<sup>-1</sup>) (FIGURA 5J) é superior à relatada para frutos do mesmo gênero, como *Campomanesia eugenioides* (1,40 mg/100 g<sup>-1</sup>), *Campomanesia xanthocarpa* (Berg) (1,25 mg/100 g<sup>-1</sup>) e *Campomanesia xanthocarpa* var. *littoralis* (1,72 mg/100 g<sup>-1</sup>) (VERRUCK *et al.*, 2020), bem como a encontrada em outros frutos da flora brasileira, como marolo (0,59 mg/100 g<sup>-1</sup>), murici (0,17 mg/100 g<sup>-1</sup>), araçá (1,10 mg/100 g<sup>-1</sup>) e jatobá (1,50 mg/100g<sup>-1</sup>), mas inferior à reportada para uvaia (2,13 mg/100 g<sup>-1</sup>) e açaí (4,50 mg/100 g<sup>-1</sup>) (PASTA *et al.*, 2019). O ferro é vital para o transporte de oxigênio na hemoglobina dos glóbulos vermelhos e na mioglobina dos músculos. Sendo também um componente essencial para o citocromo e outras proteínas e cofatores envolvidos em reações bioquímicas sistêmicas críticas (CHEN; KUNG; GNANA-PRAKASAM, 2022).

Dos dez minerais avaliados, nove são considerados essenciais para os seres humanos, exceção feita ao boro. A ingestão diária recomendada dos minerais essenciais para homens adultos, bem como a concentração desses minerais na gabirola madura, pode ser observada na Tabela 1. Logo, de acordo com a Tabela 1, o consumo de 100 g de gabirola madura contribuiria com os seguintes percentuais da ingestão diária recomendada (IDR) de minerais: Ca (4,47%); Mg (6,95%); P (3,20%); K (7,1%); Zn (1,54%); Fe (22,62%); Mn (9,56%) e Cu (11,11%). Logo, a gabirola pode ser utilizada como um importante veículo de minerais, contribuindo para o aporte necessário na dieta diária.



Tabela 1 - Teores de minerais em gabioba madura e ingestão diária recomendada (IDR) dos minerais essenciais (mg) para homens adultos.

|   | Ca    | Mg    | P     | K      | S     | Zn   | Fe    | Mn   | Cu    |
|---|-------|-------|-------|--------|-------|------|-------|------|-------|
| IDR (mg)                                | 1000  | 400   | 700   | 3400   | *     | 11   | 8     | 2,3  | 0,9   |
| Gabioba madura (mg 100g <sup>-1</sup> ) | 44,68 | 27,83 | 22,44 | 241,38 | 11,70 | 0,17 | 1,81  | 0,22 | 0,1   |
| % ID                                    | 4,47  | 6,95  | 3,20  | 7,1    | ---   | 1,54 | 22,62 | 9,56 | 11,11 |

\*ingestão dos níveis recomendados de aminoácidos sulfurados.

Fonte: Do autor (2022) baseado em WHO/FAO/UNU EXPERT CONSULTATION (2005).

No presente estudo foram identificados 11 compostos fenólicos na gabioba, sendo a trigonelina o majoritário, seguido do ácido gálico, em concentrações de 130 mg/100 g<sup>-1</sup> e 50 mg/100 g<sup>-1</sup> nos frutos verdes, 60 mg/100 g<sup>-1</sup> e 8 mg/100 g<sup>-1</sup> nos frutos maduros, respectivamente. Os teores de teobromina, vanilina e ácidos ferúlico e *m*-cumárico mantiveram-se acima de 1 e abaixo de 7 mg/100 g<sup>-1</sup>, ao longo do desenvolvimento da gabioba. Os teores dos ácidos cafeico e siríngico variaram entre 0,4 e 2,5 mg/100 g<sup>-1</sup>, enquanto os ácidos *p*-cumárico e *trans*-cinâmico foram os minoritários, observados em concentrações inferiores a 1 mg/100 g<sup>-1</sup>, ao longo de todo desenvolvimento (FIGURA 6).

Observou-se queda substancial nos teores de trigonelina e teobromina dos 9 aos 18 dias do desenvolvimento da gabioba, seguida de elevação e nova redução, menos substanciais, até o amadurecimento do fruto. Já a redução linear nos níveis de ácido gálico foi notada durante todo o desenvolvimento da gabioba. Aumento seguido de queda foi observado para as concentrações de ácidos cafeico, siríngico, ferúlico, *p*- e *m*-cumárico, rosmarínico e *trans*-cinâmico, enquanto comportamento oposto foi notado para vanilina ao longo do desenvolvimento do fruto (FIGURA 6).

A presença de trigonelina, composto fenólico majoritário da gabioba, tem sido reportada principalmente em café, embora já tenha sido reportada em leguminosas, dentre outros grãos (ASHIHARA *et al.*, 2015). O umbu é um exemplo de fruto no qual a trigonelina já foi identificada, especificamente em sua casca, cuja concentração varia em função do estágio de desenvolvimento do fruto, assim como observado para gabioba (CANGUSSU *et al.*, 2021). O teor de trigonelina encontrado na gabioba foi superior aos teores encontrados em rabanete (*Raphanus sativus* Cv. Sakurajima), entre 26 e 36 mg/100 g<sup>-1</sup> (SASAKI *et al.*, 2020) e em cereais, entre 0,08 e 12,39 mg/100 g<sup>-1</sup> (COROL *et al.*, 2012). O teor de teobromina presente na gabioba verde (132,24 mg/100 g<sup>-1</sup>) é superior ao reportado para o café Robusta (76,9 mg/100 g<sup>-1</sup>) e Arábica verde (89 mg/100 g<sup>-1</sup>) (SOUSA *et al.*, 2018).

A trigonelina é um alcaloide que possui atividade antifibrosa em células epiteliais tubulares renais (PEERAPEN; THONGBOOKERD, 2020), reduz os riscos de sintomas

alérgicos, sendo uma fonte promissora para o desenvolvimento de medicamentos e agente terapêutico/cosmético (NAZIR *et al.*, 2020; NUGRAHINI *et al.*, 2020), demonstrando ainda efeitos neuroprotetores à saúde humana (KAUR *et al.*, 2021). Ela atua nas plantas como soluto (aumentos na trigonelina induzido pelo estresse por sal ou seca podem fazer com que ela haja como um soluto, evitando a perda de água), na regulação do ciclo celular (auxiliando no crescimento de células em raízes) e na transdução de sinal e desintoxicação do ácido nicotínico (oriundo da liberação do ciclo de nucleotídeos piridinas em células vegetais) (ASHIHARA *et al.*, 2015).

O ácido gálico, segundo fenólico em concentração na gabiroba, já foi reportado em goiaba, fruto da mesma família (Myrtaceae) (SHUKLA *et al.*, 2021). Segundo esses autores, o teor de ácido gálico reduz linearmente ao longo do desenvolvimento da goiaba, assim como observado para gabiroba. A redução nos teores de ácido gálico, também observada em manga, tem sido atribuída à degradação enzimática (KRENEK; BARNES; TALCOTT, 2014). Os teores de ácido gálico encontrados na gabiroba madura são inferiores aos relatados em frutos como araçá-boi (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh.) (12 mg/100 g<sup>-1</sup>) (ARAÚJO *et al.*, 2019) e *Antidesma bunius* L. (26 mg/100 g<sup>-1</sup>) (KRONGYUT; SUTTHANUT, 2019) e superior aos relatados na casca de frutos da família Solanaceae (0,09 - 0,13 mg/100 g<sup>-1</sup>), família Passifloraceae (0,24 - 0,81 mg/100 g<sup>-1</sup>) (LOIZZO *et al.*, 2019) e de três cultivares de abacate, ‘Bacon’ (0,906 mg/100 g<sup>-1</sup>), ‘Fuerte’ (0,096 mg/100 g<sup>-1</sup>) e ‘Orotawa’ (0,254 mg/100 g<sup>-1</sup>) (STEFANO *et al.*, 2017). Ao ácido gálico são atribuídos diversos efeitos terapêuticos, como atividades antimicrobiana e anticancerígena, que auxiliam no tratamento de doenças gastrointestinais, cardiovasculares, metabólicas, neuropsicológicas etc. (KAHKESHANI *et al.*, 2019).

A teobromina, alcaloide da classe metilxantina encontrado na gabiroba, tem o cacau e seus derivados como principal fonte de ingestão (ŚRODA-POMIANEK *et al.*, 2019). Ela é conhecida por sua ação antagonista do receptor de adenosina e inibidores não seletivos de fosfodiesterase no sistema nervoso central (IAIA *et al.*, 2020). Apesar do teor de teobromina encontrado no presente estudo ser muito inferior ao relado na literatura para o cacau (556,39-1088 mg/100 g<sup>-1</sup>) (DANG; NGUYEN, 2019), seu achado na gabiroba chama a atenção, pois até o momento esse fenólico não foi identificado em frutos dessa espécie.

Os primeiros 27 dias de desenvolvimento da gabiroba foram marcados por queda nos teores de vanilina, seguida por inversão do comportamento daí por diante, alcançando o valor máximo de 3,92 mg/100 g<sup>-1</sup> nos frutos maduros (FIGURA 6). Esse valor é cerca de cinco vezes inferior ao encontrado em baunilha (*Vanilla planifolia*) (BANERJEE; CHATTOPADHYAY,

2019; GONZÁLEZ *et al.*, 2018), principal fonte comercial desse composto, largamente utilizado na indústria de alimentos como aromatizante/saborizante. Logo, a gabiroba pode ser utilizada como uma alternativa para a extração de vanilina. O teor de vanilina encontrado na gabiroba ainda é inferior ao relatado para o araçá-boi (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh.) (81 mg/100 g<sup>-1</sup>) (ARAÚJO *et al.*, 2019), o qual pertence à mesma família. A vanilina tem demonstrada diversas atividades biológicas que podem ser benéficas aos homens, animais e agricultura. Ela não apresenta efeitos tóxicos em ratos, sugerindo que é eficientemente assimilada e eliminada pelo corpo, sendo necessários mais estudos sobre sua estabilidade, biodisponibilidade e bioatividade (ARYA *et al.*, 2021).

O ácido ferúlico, também identificado na gabiroba, é um excelente antioxidante e antimicrobiano, encontrado normalmente em maiores concentrações nas camadas externas de grãos. A ele tem sido atribuída a capacidade de reduzir o colesterol e o risco de doenças cardíacas, diabetes e câncer (BOZ, 2015). Os teores de ácido ferúlico encontrados em gabiroba (2 – 5,87 mg/100 g<sup>-1</sup>) são superiores aos reportados em manjerição (1,5 mg/100 g<sup>-1</sup>), couve-chinesa (1,4 mg/100 g<sup>-1</sup>), alface (0,19 - 1,5 mg/100 g<sup>-1</sup>), feijão verde/fresco (1,2 mg/100 g<sup>-1</sup>), abacate (1,1 mg/100 g<sup>-1</sup>) (KUMAR; PRUTHI, 2014), uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess) (0,00034 mg/100 g<sup>-1</sup>) e jabuticaba (*Myrciaria cauliflora*) (0,35 mg/100 g<sup>-1</sup>), sendo os dois últimos pertencentes à mesma família (ARAÚJO *et al.*, 2019). De acordo com esses autores, os teores máximos encontrados em cenoura (1,2 - 2,8 mg/100 g<sup>-1</sup>) se aproximam dos teores mínimos encontrados na gabiroba no início do desenvolvimento.

Os teores de ácido *m*-cumárico observados em gabiroba (2,29 – 5,68 mg/100 g<sup>-1</sup>) são superiores aos reportados em alho por Kim, Kang e Gweon (2013) (0,484 - 1,399 mg/100 g<sup>-1</sup>). Gabirobas maduras apresentaram os menores níveis de ácido *m*-cumárico, em comparação aos frutos nos demais estádios do desenvolvimento. Ácido *m*-cumárico possui efeitos fisiológicos, reduzindo os níveis de glicose, protegendo o tecido dos efeitos prejudiciais da hiperglicemia, tendo um grande efeito na prevenção do início e progressão da retinopatia em pacientes diabéticos (MOSELHY *et al.*, 2018). Contudo, tal composto não havia sido relatado em frutos da família Myrtaceae até o momento.

O ácido cafeico é um dos mais conhecidos e representativos ácidos encontrados em frutas, hortaliças, bebidas e ervas, e tem ganhado grande atenção por seus múltiplos benefícios à saúde, com efeitos antioxidante, anti-inflamatório e antitumoral (FAN *et al.*, 2016). O valor encontrado na gabiroba madura (0,55 mg/100 g<sup>-1</sup>) é superior ao encontrado em uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess) (0,00029 mg/100 g<sup>-1</sup>) e inferior ao encontrado em jabuticaba (*Myrciaria*

*cauliflora*) (2,04 mg/100 g<sup>-1</sup>), frutos pertencentes à mesma família do fruto em estudo (ARAÚJO *et al.*, 2019; FIDELIS *et al.*, 2020).

O teor de ácido siríngico encontrado na gabirola madura foi de 0,52 mg/100 g<sup>-1</sup>, inferior ao relatado para jambolão (*Syzygium cumini*) (0,13 mg/100 g<sup>-1</sup>), pertencente à mesma família da gabirola (FARIAS *et al.*, 2020). O ácido siríngico apresenta muitas aplicações terapêuticas como anti-oxidante, anti-inflamatório, anticâncer, antidiabético, antiendotóxico, neuroprotetor, cardioprotetor e hepatoprotetor. Suas atividades biomédicas podem ser atribuídas à sua capacidade antioxidante devido ao seu núcleo fenólico com diferentes grupos funcionais (CHEEMANAPALLI *et al.*, 2018). Ao ácido siríngico também tem sido atribuída a propriedade cicatrizante (REN *et al.*, 2019).

A concentração do ácido *p*-cumárico encontrado na gabirola madura (0,28 mg/ 100 g<sup>-1</sup>) é superior ao relatado para uvaia (*Eugenia pyriformis Cambess*) (0,00034 mg/ 100 g<sup>-1</sup>) (ARAÚJO *et al.*, 2019). Ao mesmo é atribuído diversas atividades bioativas, como antioxidantes, anti-inflamatória, antimutagênica e anticancerígena (PEI *et al.*, 2016).

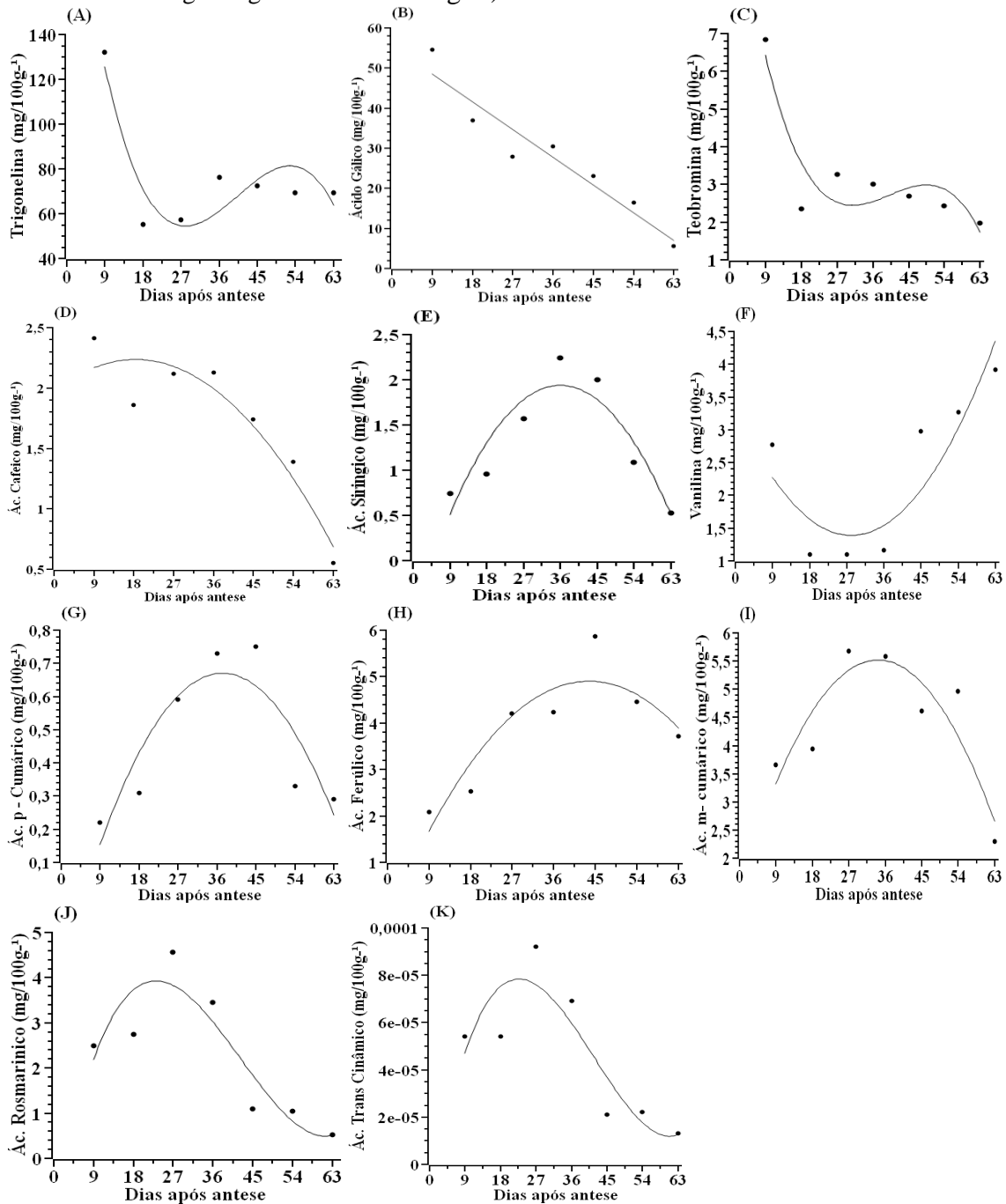
A concentração de ácido rosmarínico encontrada na gabirola madura (0,53 mg/100 g<sup>-1</sup>) é inferior à relatada para jabuticaba (*Myrciaria cauliflora*) (0,78 mg/100 g<sup>-1</sup>) (FIDELIS *et al.*, 2020). O ácido rosmarínico é um polifenol, amplamente encontrado em diversas espécies vegetais (PETERSEN *et al.*, 2009). Sua aplicabilidade após a colheita tem contribuído para o prolongamento da vida útil de tomate (ZHU *et al.*, 2021). A ele são atribuídas diversas atividades farmacológicas como antioxidante, anti-inflamatório, antitumoral, antivírus e antidiabético (GUAN *et al.*, 2022).

O teor de ácido *trans*-cinâmico encontrado na gabirola madura (0,000013 mg/100 g<sup>-1</sup>) é inferior ao relatado para as cultivares de abacate Hass (0,05 mg/100 g<sup>-1</sup>) e Orotowa (0,04 mg/100 g<sup>-1</sup>) maduros (STEFANO *et al.*, 2017), contudo, não existem relatos de sua detecção em frutos da família Mirtaceae. Assim como os demais fenólicos, o ácido *trans*-cinâmico apresenta diversas atividades farmacológicas, como antimicrobiano, antioxidante, antifúngico, anticancerígeno, antimalária e anti-inflamatório, além de contribuir para prolongar a vida útil de alfaces minimamente processadas quando combinado a embalagens inteligentes (LETSIDIDI *et al.*, 2018).

De forma geral, a gabirola pode ser considerada como um importante veículo de compostos fenólicos passível de ser explorado na alimentação. Ressalta-se que nenhum trabalho científico foi encontrado na literatura relativo à identificação/quantificação de compostos fenólicos em frutos de *Campomanesia pubescens*, a despeito de seu estágio de desenvolvimento, o que corrobora o ineditismo deste artigo.

Além do efeito direto dos estádios de desenvolvimento sobre a composição química da gabioba, não se pode descartar o efeito do ambiente (luz, temperatura, pluviometria, solo) sobre as alterações observadas. Visto se tratar de uma espécie nativa, propagada sexualmente, a genética também é um fator determinante na sua composição.

Figura 6 – Perfil de fenólicos da gabioba em diferentes estádios de desenvolvimento (expressos em mg/100 g<sup>-1</sup> na matéria integral).



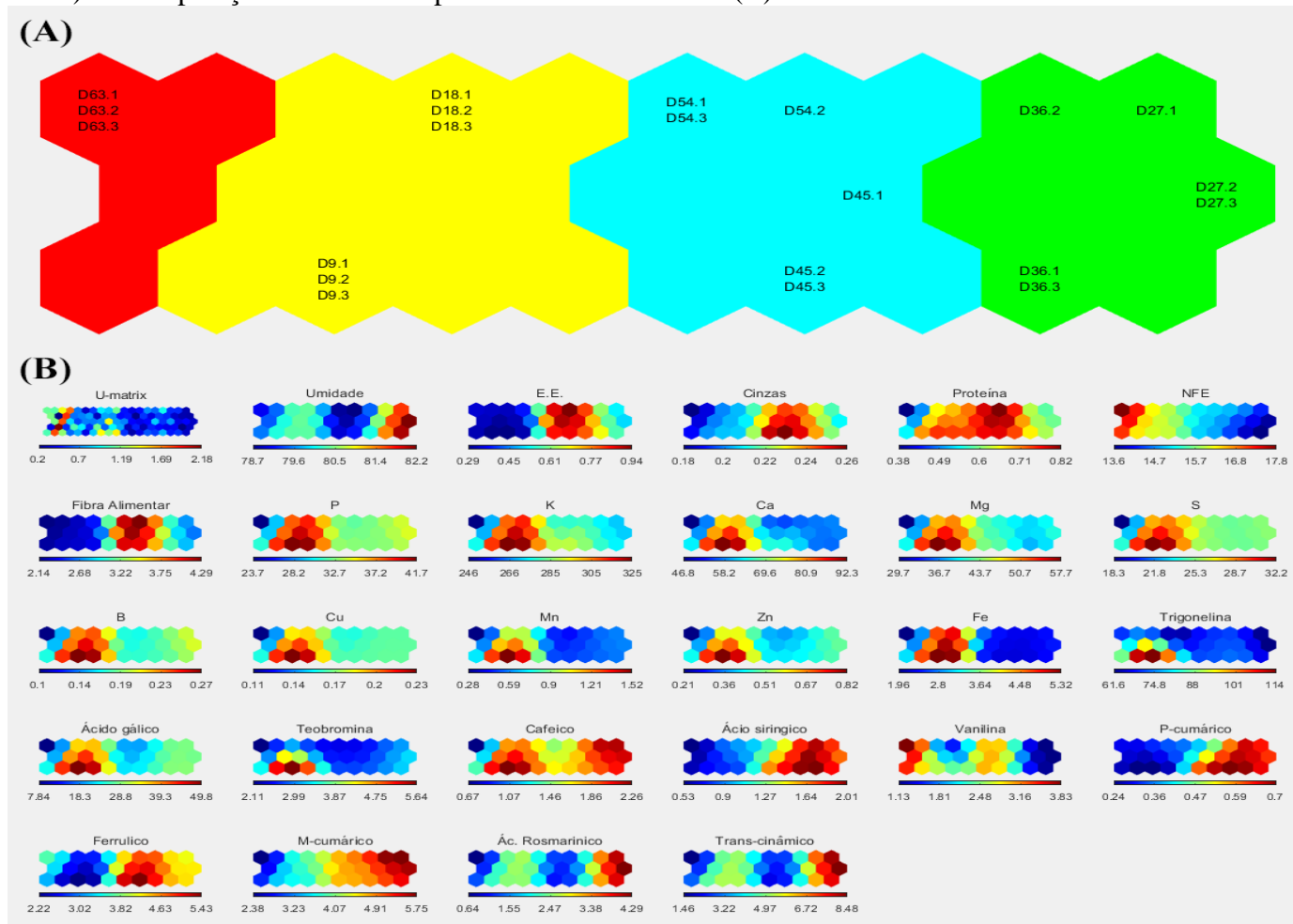
Legenda: trigonelina ( $y = -0,003524x^3 + 0,426777x^2 - 15,604158x + 234,107609$ ;  $R^2 = 82,77$ ); ácido gálico ( $y = -0,765880x + 55,401172$ ;  $R^2 = 91,45$ ); teobromina ( $y = -0,000166x^3 + 0,020062x^2 - 0,763020x + 11,782296$ ;  $R^2 = 83,46$ ); ácido cafeico ( $y = -0,000773x^2 + 0,028271x + 1,984242$ ;  $R^2 = 88,51$ ); ácido siríngico ( $y = -0,001960x^2 + 0,141166x - 0,604159$ ;  $R^2 = 84,12$ ); vanilina ( $y = 0,002434x^2 - 0,13695x + 3,318448$ ;  $R^2 = 78,35$ ); ácido p-cumárico ( $y = -0,000647x^2 + 0,048143 - 0,222173$ ;  $R^2 = 78,75$ ); ácido ferúlico ( $y = -0,002681x^2 + 0,234305x - 0,216541$ ;  $R^2 = 81,37$ ); ácido m-cumárico ( $y = -0,003457x^2 + 0,236688x + 1,471626$ ;  $R^2 = 80,44$ ); ácido rosmarínico ( $y = 0,000122x^3 - 0,015507x^2 + 0,520928x - 1,331200$ ;  $R^2 = 81,47$ ); ácido *trans*-cinâmico ( $y = 0,000000x^3 - 0,000000x^2 + 0,000010x - 0,000019$ ;  $R^2 = 78,31$ ).

Fonte: Do autor (2022).

### **3.1 Rede neural artificial associada a mapas auto-organizáveis de Kohonen (ANN/KSOM)**

Os resultados obtidos nas análises de composição centesimal e perfil mineral e fenólico da gabioba ao longo do desenvolvimento foram empregados para a obtenção do mapa auto-organizável de Kohonen (ANN/KSOM), um tipo de Rede Neural Artificial (FIGURA 7). Dessa forma, mapas com diferentes dimensões foram gerados com a finalidade de obter a conformação com os melhores índices de validação de *clusters* e os menores erros de medição (quantificação, topográfico e combinado).

Figura 7 - Mapa neural bidimensional de agrupamento da gabiropa durante seu desenvolvimento (A) e Mapas de componentes e matriz de distância (matriz de U) de composição centesimal e perfil mineral e fenólico (B).



\*Ácido trans-cinâmico: os valores devem ser multiplicados por  $10^{-5}$ .

Fonte: Do autor (2022).



Os índices de Davies-Bouldin (DB) e de Silhueta (S) são índices de validação dos *clusters*, sendo o primeiro (DB) responsável por inferir o grau de similaridade entre os *clusters*, independentemente do número de *clusters* e o método de partição utilizado, sendo que quanto mais próximo de zero for o valor, melhor a partição dos dados. Já o segundo índice (S) indica a qualidade do grupamento fundamentado na proximidade entre os objetos de um certo grupo e a proximidade desses objetos com o grupo mais próximo, logo quando mais próximo de um, melhor o valor e a realização do agrupamento (DAVIES; BOULDIN, 1979; MOREIRA *et al.*, 2019; PEARCE; SHAAR; CROSBIE, 1977). Com base na análise realizada, chegou-se a uma rede hexagonal 3x10, com índices DB e S iguais a 0,50263 e 0,77891, respectivamente. Os erros de quantificação, topográfico e combinado observados foram 0,2992, 0,0000 e 0,53572, respectivamente. Quanto mais baixos, conforme observados no presente estudo, melhor a acurácia e continuidade da rede (SILVA *et al.*, 2019).

O mapa topológico da rede, também denominado de mapa neural bidimensional de agrupamento, está representado na Figura 7A, e os mapas de componentes de cada análise e a matriz U na Figura 7B. Além disso, vale salientar que a distância entre os neurônios adjacentes é inferida pela escala de cores, e a variação dos resultados obtidos nas determinações analíticas é representada pelo gradiente de cor das barras localizadas na parte inferior de cada mapa, com exceção da matriz U.

No ANN/KSOM cada hexágono representa um neurônio, no qual os tratamentos estudados estão agrupados de acordo com suas similaridades. Logo, identificou-se a divisão das amostras em quatro grupos, ou *clusters* (FIGURA 7A). Seguindo da esquerda para a direita, no primeiro *cluster*, em vermelho, estão alocados os frutos colhidos com 63 dias (D63.1, D63.2, D63.3). As amostras colhidas com 18 (D18.1, D18.2, D18.3) e 9 (D9.1, D9.2, D9.3) dias compõem o segundo grupo, destacado em amarelo. No terceiro grupo, em azul, estão os frutos colhidos com 45 (D45.1, D45.2, D45.3) e 54 (D54.1, D54.2, D54.3) dias, e no quarto grupo, em verde, estão as amostras com 27 e 36 dias (D36.1, D36.2, D36.3, D27.1, D27.2 e D27.3).

Analisando-se a matriz U (FIGURA 7B), nota-se uma grande distância entre os neurônios e, conseqüentemente, entre os diferentes tempos de colheitas da gabioba. Ela corrobora a formação de cinco grupos, como já comentado para a Figura 7A. Além disso, levando-se em consideração que a posição ocupada por uma amostra no mapa neural (FIGURA 7A) corresponde à sua mesma posição no mapa de componentes (FIGURA 7B), foi possível identificar quais foram as principais variáveis responsáveis pelo agrupamento e separação das amostras.

Conforme Figura 7B, nota-se que os frutos do grupo 1, colhidos com 63 dias (D63.1, D63.2, D63.3), destacam-se pelos altos valores de NFE e de vanilina. As amostras do segundo grupo (D18.1, D18.2, D18.3, D9.1, D9.2 e D9.3) estão associadas aos altos teores dos minerais estudados, bem como ácido gálico, teobromina e ácido cafeico. No caso do terceiro agrupamento, as amostras (D45.1, D45.2, D45.3, D54.1, D54.2 e D54.3) caracterizam-se pelos altos teores de cinzas, proteínas, ácido siríngico, ferúlico, *p*-cumárico e cafeico. Já os frutos do quarto grupo, colhidos com 27 e 36 dias, destacam-se pelos altos teores dos ácidos siríngico, cafeico, *p*-cumárico, *m*-cumárico, rosmarínico e *trans*-cinâmico.

Vale salientar que a partir dos mapas de componentes (FIGURA 7B) também é possível inferir algumas tendências de correlações entre as variáveis estudadas. Observou-se correlação positiva entre os minerais analisados e entre os ácidos rosmarínico e *trans*-cinâmico, siríngico e *p*-cumárico. Porém, observou-se correlação negativa entre as variáveis umidade e NFE.

Portanto, além de corroborar as análises de regressão realizadas, o emprego de mapas auto-organizáveis de Kohonen (ANN/KSOM), no presente estudo, permitiu a obtenção de dados complementares referentes aos agrupamentos dos frutos colhidos em diferentes dias e a observação das semelhanças e tendências de correlações de forma eficaz e mais intuitiva.

## 4 CONCLUSÃO

O desenvolvimento determinou variações significativas na composição centesimal da gabioba.

Os teores individuais dos minerais estudados diminuem linearmente ao longo do desenvolvimento da gabioba.

O consumo de 100 g de gabioba madura pode contribuir com 4,47; 6,95; 3,20; 7,1; 1,54; 22,62; 9,56 e 11,11% da ingestão diária recomendada para Ca, Mg, P, K, Zn, Fe, Mn e Cu, respectivamente.

Trigonelina, ácido gálico, teobromina, vanilina e ácidos ferúlico, *m*-cumárico, cafeico, siríngico, *p*-cumárico, rosmarínico e *trans* cinâmico foram identificados em gabioba, em ordem decrescente de concentração no fruto maduro.

O mapa auto-organizável de Kohonen corrobora as análises de regressão realizadas e permite a obtenção de dados complementares referentes aos agrupamentos dos frutos colhidos em diferentes estádios, bem como a observação das semelhanças e tendências de correlações de forma mais eficaz e intuitiva.

## REFERÊNCIAS

- ABREU, L. A. F. de *et al.* Antioxidant activity and physico-chemical analysis of *Campomanesia rufa* (O.Berg) Nied. Fruits. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 44, p. 1-11, Sept. 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cagro/a/yYz3wVCG545xXkDP3thFbDJ/?lang=en>. Acesso em: 13 jun. 2022.
- ARAÚJO, A. C. M. A. *et al.* Bioactive compounds and chemical composition of Brazilian Cerrado fruits' wastes: pequi almonds, murici, and sweet passionfruit seeds. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 38, n. 1, p. 203-214, Dec. 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cta/a/pFTjzxD4kvb5B7yY6DkPmHf/?lang=en>. Acesso em: 05 jun. 2022.
- ARAÚJO, F. F. de *et al.* Wild Brazilian species of *Eugenia genera* (Myrtaceae) as an innovation hotspot for food and pharmacological purposes. **Food Research International**, [Amsterdam], v. 121, p. 57-72, July 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0963996919301620>. Acesso em: 10 jun. 2022.
- ARYA, S. S. *et al.* Vanillin: a review on the therapeutic prospects of a popular favouring molecule. **Advances in Traditional Medicine**, [Singapore], v. 21, p. 1-17, Jan. 2021. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13596-020-00531-w>. Acesso em: 01 jun. 2022.
- ASHIHARA, H. *et al.* Trigonelline and related nicotinic acid metabolites: occurrence, biosynthesis, taxonomic considerations, and their roles in planta and in human health. **Phytochemistry Reviews**, [Dordrecht], v. 14, p. 765-798, Jan. 2015. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11101-014-9375-z>. Acesso em: 11 jun. 2022.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis**. 21. ed. Gaithersburg: AOAC, 2019.
- AVRAM, O. R.; CARAGEA, G.; VARZARU, C. A. Copper and its role in the human body – the importance of establishing copper concentrations in the body. **Romanian Journal Military Medicine**, [Bucharest], v.124, n. 2, p. 254–260, May 2021. Disponível em: [http://www.revistamedicinamilitara.ro/wp-content/uploads/2021/05/RJMM-vol-CXXIV-nr-2-din-2021\\_\\_\\_\\_.pdf](http://www.revistamedicinamilitara.ro/wp-content/uploads/2021/05/RJMM-vol-CXXIV-nr-2-din-2021____.pdf). Acesso em: 10 jun. 2022.
- BANERJEE, G.; CHATTOPADHYAY, P. Vanillin biotechnology: the perspectives and future. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, [Chichester], v. 99, n. 2, p. 499-506, Jan. 2019. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30094833/>. Acesso em: 04 jun. 2022.
- BERTO, A. *et al.* Proximate compositions, mineral contents and fatty acid compositions of native Amazonian fruits. **Food Research International**, [Amsterdam], v. 77, p. 441-449, Nov. 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0963996915301538>. Acesso em: 03 jun. 2022.

BOAS, G. R. V. *et al.* Preclinical safety evaluation of the ethanolic extract from guavira fruits (*Campomanesia pubescens* (D.C.) O. BERG) in experimental models of acute and short-term toxicity in rats. **Food and Chemical Toxicology**, [Oxford], v. 118, p. 1-12, Aug. 2018. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29723584/>. Acesso em: 10 jun. 2022.

BOAS, G. R. V. *et al.* The ethanolic extract obtained from *Campomanesia pubescens* (D.C.) O. BERG fruits exerts anxiolytic and antidepressant effects on chronic mild stress model and on anxiety models in Wistar rats: Behavioral evidences. **Nutritional Neuroscience**, [Leeds], v. 23, n. 1, p. 16-26, Jan. 2020. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29712539/>. Acesso em: 01 jun. 2022.

BOZ, H. Ferulic acid in cereals – a review. **Czech Journal of Food Science**, [Prague], v. 33, n. 1, p. 1-7, 2015. Disponível em: <https://www.agriculturejournals.cz/publicFiles/146039.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2022.

CANGUSSU, L. B. *et al.* Chemical characterization and bioaccessibility assessment of bioactive compounds from umbu (*Spondias tuberosa* A.) fruit peel and pulp flours. **Foods**, [Basel], v. 10, n. 11, p. 1-18, Oct. 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2304-8158/10/11/2597>. Acesso em: 03 jun. 2022.

CARDOSO, C. A. L. *et al.* Antimicrobial activity of the extracts and fractions of hexanic fruits of campomanesia species (Myrtaceae). **Journal of Medicinal Food**, [New Rochelle], v. 13, n. 5, p. 1273-1276, Oct. 2010. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20828322/>. Acesso em: 15 jun. 2022.

CHABALALA, Y.; ADAM, E.; ALI, K. A. Machine learning classification of fused sentinel-1 and sentinel-2 image data towards mapping fruit plantations in highly heterogenous landscapes. **Remote Sensing**, [Basel], v. 26, n. 2621, p. 1-26, May 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-4292/14/11/2621>. Acesso em: 17 jun. 2022.

CHEEMANAPALLI, S. *et al.* Syringic acid (SA) – A review of its occurrence, biosynthesis, pharmacological and industrial importance. **Biomedicine & Pharmacotherapy**, [Paris], v. 108, p. 547-557, Dec. 2018. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30243088/>. Acesso em: 05 jun. 2022.

CHEN, W. J.; KUNG, G. P.; GNANA-PRAKASAM, J. P. Role of iron in aging related diseases. **Antioxidants**, [Basel], v. 11, n. 865, p. 1-13, Apr. 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-3921/11/5/865>. Acesso em: 07 jun. 2022.

CHENG, Y.; CHEN, H. Aberrance of zinc metalloenzymes-induced human diseases and its potential mechanisms. **Nutrients**, [Basel], v. 13, n. 12, p. 1-16, Dec. 2021. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34960004/>. Acesso em: 02 jun. 2022.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: Fisiologia e Manuseio**. 2. ed. Lavras: FAEPE, 2005.

CHIVEU, J. *et al.* Variation in fruit chemical and mineral composition of Kenyan guava (*Psidium guajava* L.): Inferences from climatic conditions, and fruit morphological traits. **Journal of Applied Botany and Food Quality**, [Gottingen], v. 92, p. 151–159, May 2019. Disponível em: <https://www.worldagroforestry.org/publication/variation-fruit-chemical-and-mineral-composition-kenyan-guava-psidium-guajava-l>. Acesso em: 13 jun. 2022.

COROL, D. I. *et al.* Effects of genotype and environment on the contents of betaine, choline, and trigonelline in cereal grains. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [Washington], v. 60, n. 21, p. 5471-5481, May 2012. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf3008794>. Acesso em: 02 jun. 2022.

DANG, Y. K. T.; NGUYEN, H. V. H. Effects of maturity at harvest and fermentation conditions on bioactive compounds of cocoa beans. **Plant Foods for Human Nutrition**, [Dordrecht], v. 74, n. 1, p. 54-60, Mar. 2019. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11130-018-0700-3>. Acesso em: 01 jun. 2022.

DAVIES, D. L.; BOULDIN, D. W. A cluster separation measure. **IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence**, [Canadá], v. PAMI-1, n. 2, p. 224–227, Apr. 1979. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/4766909>. Acesso em: 14 jun. 2022.

DEVARAJAN, R. *et al.* Genetic diversity in fresh fruit pulp mineral profile of 100 Indian *Musa* accessions. **Food Chemistry**, [Oxford], v. 361, p. 1-10, Nov. 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814621010864>. Acesso em: 03 jun. 2022.

FAN, D. *et al.* Hollow molecular imprinted polymers towards rapid, effective and selective extraction of caffeic acid from fruits. **Journal of Chromatography A**, [Amsterdam], v. 1470, p. 27-32, Oct. 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0021967316313371>. Acesso em: 17 jun. 2022.

FARIAS, D. de P. *et al.* A critical review of some fruit trees from the Myrtaceae family as promising sources for food applications with functional claims. **Food Chemistry**, [Oxford], v. 306, p. 1-17, Feb. 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814619317558>. Acesso em: 03 jun. 2022.

FERREIRA, D. F. **SISVAR - Sistema de análise de variância**. Versão 5.8. Lavras: UFLA, 2010.

FIDELIS, M. *et al.* Response surface optimization of phenolic compounds from jaboticaba (*Myrciaria cauliflora* [Mart.] O.Berg) seeds: Antioxidant, antimicrobial, antihyperglycemic, antihypertensive and cytotoxic assessments. **Food and Chemical Toxicology**, [Oxford], v. 142, p. 1-11, Aug. 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S027869152030329X>. Acesso em: 02 jun. 2022.

- GANDHI, M. *et al.* Manganese in health and diseases: A reviews. **The Pharma Innovation Journal**, [Índia], v. 7, n. 3, p. 374-379, Mar. 2018. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/Manganese-in-health-and-diseases%3A-A-review-Gandhi-Tharageswari/0dd65c65430d105408103205333579aad3dcebc>. Acesso em: 11 jun. 2022.
- GHARIBZAHEDI, S. M. T.; JAFARI, S. M. The importance of minerals in human nutrition: Bioavailability, food fortification, processing effects and nanoencapsulation. **Trends in Food Science & Technology**, [London], v. 62, p. 119–132, Apr. 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924224416306203>. Acesso em: 01 jun. 2022.
- GOLDINI, J. *et al.* Physicochemical characterization of fruits of *Campomanesia guazumifolia* (Cambess.) O. Berg (Myrtaceae). **Acta Scientiarum Biological Sciences**, Maringá, v. 41, n. 1. p. 1-8, Aug. 2019. Disponível em: <https://www.redalyc.org/journal/1871/187160125037/html/>. Acesso em: 05 jun. 2022.
- GONZÁLES, C. G. *et al.* Application of natural deep eutectic solvents for the “green” extraction of vanillin from vanilla pods. **Flavour and Fragrance Journal**, [Milford], v. 33, n. 1, p. 91-96, Jan. 2018. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ffj.3425>. Acesso em: 13 jun. 2022.
- GUAN, H. *et al.* A Comprehensive review of rosmarinic acid: from phytochemistry to pharmacology and its new insight. **Molecules**, [Basel], v. 27, n. 10, p. 1-28, May 2022. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35630768/>. Acesso em: 15 jun. 2022.
- GUEDES, M. N. S. *et al.* Minerals and phenolic compounds of cagaita fruits at diferent maturation stages (*Eugenia dysenterica*). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 39, n. 1, p. 1-9, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/m7GMdFDbjBrzcMk7kcLXBmp/?lang=en>. Acesso em: 14 jun. 2022.
- HE, F. J.; MACGREGOR, G. A. Beneficial effects of potassium on human health. **Physiologia Plantarum**, [Malden], v. 133, n. 4, p. 725-735, Aug. 2008. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18724413/>. Acesso em: 02 jun. 2022.
- HEWLINGS, S.; KALMAN, D. Sulfur in human health. **EC Nutrition**, [England], v. 14, n. 9, p. 785-791, Aug. 2019. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/335653705\\_Sulfur\\_and\\_Human\\_Health](https://www.researchgate.net/publication/335653705_Sulfur_and_Human_Health). Acesso em: 14 jun. 2022.
- HU, Q. *et al.* The mitigation effect of boron on the occurrence of osteoporosis in ovariectomized rats. **Chinese Science Bulletin-Chinese**, [China], v. 67, n. 6, p. 528-536, Apr. 2022. Disponível em: <https://www.sciengine.com/CSB/doi/10.1360/TB-2021-0014>. Acesso em: 17 jun. 2022.
- IAIA, N. *et al.* Efficacy of theobromine in preventing intestinal CaCo-2 cell damage induced by oxysterols. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, [New York], v. 694, p. 1-9, Nov. 2020. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32961113/>. Acesso em: 20 jun. 2022.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Histórico de dados meteorológicos ano 2021**. INMET, 2021. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>. Acesso em: 27 jul. 2022.

KAHKESHANI, N. *et al.* Pharmacological effects of gallic acid in health and diseases: A mechanistic reviews. **Iranian Journal of Basic Medical Sciences**, [Mashhad], v. 22, n. 3, p. 225-237, Mar. 2019. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31156781/>. Acesso em: 14 jun. 2022.

KAUR, P. *et al.* Ameliorative effect of trigonelline in restraint stress-induced behavioral alterations in mice. **Journal of Applied Pharmaceutical Science**, [India], v. 11, n. 1, p. 54-62, Feb. 2021. Disponível em: [https://japsonline.com/admin/php/uploads/3306\\_pdf.pdf](https://japsonline.com/admin/php/uploads/3306_pdf.pdf). Acesso em: 01 jul. 2022.

KHALIQ, H.; JUMING, Z.; KE-MEI, P. The physiological role of boron on health. **Biological Trace Element Research**, [Totowa], v. 186, n. 1, p. 31-51, Nov. 2018. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29546541/>. Acesso em: 20 jul. 2022.

KIM, J.-S.; KANG, O.-J.; GWEON, O.-C. Comparison of phenolic acids and flavonoids in black garlic at different thermal processing steps. **Journal of Functional Foods**, [Amsterdam], v. 5, n. 1, p. 80-86, Jan. 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1756464612001181>. Acesso em: 28 jun. 2022.

KIRKLAND, A. E.; SARLO, G. L.; HOLTON, K. F. The role of magnesium in neurological disorders. **Nutrients**, [Basel], v. 10, n. 730, p. 1-23, June 2018. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/325606832\\_The\\_Role\\_of\\_Magnesium\\_in\\_Neurological\\_Disorders](https://www.researchgate.net/publication/325606832_The_Role_of_Magnesium_in_Neurological_Disorders). Acesso em: 19 jun. 2022.

KRENEK, K. A.; BARNES, R. C.; TALCOTT, S. T. Phytochemical composition and effects of commercial enzymes on the hydrolysis of gallic acid glycosides in mango (*Mangifera indica* L. cv. 'Keitt') pulp. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [Washington], v. 62, n. 39, p. 9515-9521, Oct. 2014. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25185991/>. Acesso em: 01 jul. 2022.

KRONGYUT, O.; SUTTHANUT, K. Phenolic profile, antioxidant activity, and anti-obesogenic bioactivity of mao luang fruits (*Antidesma bunius* L.). **Molecules**, [Basel], v. 24, n. 4109, p. 1-15, Nov. 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1420-3049/24/22/4109>. Acesso em: 13 jul. 2022.

KUMAR, N.; PRUTHI, V. Potential applications of ferulic acid from natural sources. **Biotechnology Reports**, [Netherlands], v. 4, p. 86-93, Sept. 2014. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28626667/>. Acesso em: 04 jun. 2022.

LETSIDIDI, K. S. *et al.* Antimicrobial and antibiofilm effects of *trans*-cinnamic acid nanoemulsion and its potential application on lettuce. **LWT – Food Science and Technology**, [Amsterdam], v. 94, p. 25-32, Aug. 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643818303244>. Acesso em: 02 jul. 2022.



LOIZZO, M. R. *et al.* Native Colombian fruits and their by-products: phenolic profile, antioxidant activity and hypoglycaemic potential. **Foods**, [Basel], v. 8, n. 3, p. 1-10, Mar. 2019. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6462985/>. Acesso em: 18 jun. 2022.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

MASEKO, K. H. *et al.* Discrimination of *Musa* banana genomic and sub-genomic groups based on multi-elemental fingerprints and chemometrics. **Journal of Food Composition and Analysis**, [San Diego], v. 106, p. 1–9, Mar. 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0889157521005342>. Acesso em: 11 jul. 2022.

MORAIS, D. R. *et al.* Proximate composition, mineral contents and fatty acid composition of the different parts and dried peels of tropical fruits cultivated in Brazil. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, Campinas, v. 28, n. 2, p. 308-318, Feb. 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/jbchs/a/mLwKXFGk5cHPsLRZKKKHtRG/?lang=en>. Acesso em: 28 jun. 2022.

MOREIRA, L. S. *et al.* Development of procedure for sample preparation of cashew nuts using mixture design and evaluation of nutrient profiles by Kohonen neural network. **Food Chemistry**, [Oxford], v. 273, p. 136–143, Feb. 2019. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30292359/>. Acesso em: 19 jun. 2022.

MORZELLE, M. C. *et al.* 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, Mar. 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/CspwGdNgSwZbmVzTcGRF8fk/?lang=pt>. Acesso em: 26 jun. 2022.

MOSELHY, S. S. *et al.* *m*-Coumaric acid attenuates non-catalytic protein glycosylation in the retinas of diabetic rats. **Journal of Pesticide Science**, [Tokyo], v. 43, n. 3, p. 180-185, Aug. 2018. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30363123/>. Acesso em: 27 jul. 2022.

NAZIR, L. A. *et al.* Trigonelline, a naturally occurring alkaloidal agent protects ultraviolet-B (UV-B) -irradiation -induced apoptotic cell death in human skin fibroblasts via attenuation of oxidative stress, restoration of cellular calcium homeostasis and prevention of endoplasmic reticulum (ER) stress. **Journal of Photochemistry and Photobiology**, [Netherlands], v. 202, p. 1-8, Jan. 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1011134419304476>. Acesso em: 27 jul. 2022.

NUGRAHINI, A. D. *et al.* Trigonelline: An alkaloid with anti-degranulation properties. **Molecular Immunology**, [Oxford], v. 118, p. 201-209, Feb. 2020. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31896496/>. Acesso em: 25 jul. 2022.

OYEYINKA, B. O.; AFOLAYAN, A. J. Comparative evaluation of the nutritive, mineral, and antinutritive composition of *Musa sinensis* L. (Banana) and *Musa paradisiaca* L. (Plantain) fruit compartments. **Plants**, [Basel], v. 8, n. 12, p. 1-14, 2019. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31842474/>. Acesso em: 16 jun. 2022.

PANDEY, A. *et al.* Proximate and mineral composition of Kadamba (*Neolamarckia cadamba*) fruit and its use in the development of nutraceutical enriched beverage. **Journal of Food Science and Technology**, [New Delhi], v. 55, n. 10, p. 4330–4336, Aug. 2018. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13197-018-3382-9>. Acesso em: 14 jun. 2022.

PASTA, P. C. *et al.* Physicochemical properties, antioxidant potential and mineral content of *Miconia albicans* (Sw.) Triana: a fruit with high aluminium content. **Brazilian Journal of Botany**, São Paulo, v. 42, n. 2, p. 209–216, May 2019. Disponível em: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201900398528>. Acesso em: 03 jul. 2022.

PEARCE, J. G.; SHAAR, Z.; CROSBIE, R. E. Scattering of energetic ions by solids - a simulation. **Simulation**, [United Kingdom], v. 29, n. 4, p. 97–104, Oct. 1977. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/003754977702900403>. Acesso em: 18 jun. 2022.

PEERAPEN, P.; THONGBOONKERD, V. Protective roles of trigonelline against oxalate-induced epithelial-to-mesenchymal transition in renal tubular epithelial cells: An in vitro study. **Food and Chemical Toxicology**, Araruama, v. 135, p. 1-8, Jan. 2020. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31669600/>. Acesso em: 16 jun. 2022.

PEI, K. *et al.* p-Coumaric acid and its conjugates: Dietary sources, pharmacokinetic properties and biological activities. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, [Chichester], v. 96, n. 9, p. 2952-2962, July 2016. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26692250/>. Acesso em: 04 jul. 2022.

PETERSEN, M. *et al.* Evolution of rosmarinic acid biosynthesis. **Phytochemistry**, [Kidlington], v. 70, n. 15-16, p. 1663-1679, Oct. 2009. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19560175/>. Acesso em: 05 jul. 2022.

PUNCHAY, K. *et al.* Nutrient and mineral compositions of wild leafy vegetables of the karen and lawa communities in Thailand. **Foods**, [Basel], v. 9, n. 12, p. 1-15, Nov. 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2304-8158/9/12/1748>. Acesso em: 18 jun. 2022.

REN, J. *et al.* Acceleration of wound healing activity with syringic acid in streptozotocin induced diabetic rats. **Life Sciences**, [Oxford], v. 233, p. 1-12, Sept. 2019. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31386877/>. Acesso em: 01 jul. 2022.

SASAKI, M. *et al.* Characteristic analysis of trigonelline contained in *Raphanus sativus* Cv. Sakurajima Daikon and results from the first trial examining its vasodilator properties in humans. **Nutrients**, [Basel], v. 12, n. 6, p. 1-11, June 2020. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32585930/>. Acesso em: 18 jul. 2022.

SCHIASSI, M. C. E. V. *et al.* Fruits from the Brazilian Cerrado region: Physico-chemical characterization, bioactive compounds, antioxidant activities, and sensory evaluation. **Food Chemistry**, [Oxford], v. 245, p. 305-311, Apr. 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814617317454>. Acesso em: 15 jun. 2022.

SERENO, A. B. *et al.* Mineral profile, carotenoids and composition of cocona (*Solanum sessiliflorum* Dunal), a wild Brazilian fruit. **Journal of Food Composition and Analysis**, [San Diego], v. 72, p. 32-38, Sept. 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0889157518302941>. Acesso em: 18 jun. 2022.

SHI, F. *et al.* Low-temperature stress-induced aroma loss by regulating fatty acid metabolism pathway in ‘Nanguo’ pear. **Food Chemistry**, [Oxford], v. 297, p. 1-9, Nov. 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814619310155>. Acesso em: 19 jul. 2022.

SHUKLA, S. *et al.* Quantification of bioactive compounds in guava at different ripening stages. **Food Research**, [Malaysia], v. 5, n. 3, p. 183-189, May 2021. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/351981614\\_Quantification\\_of\\_bioactive\\_compounds\\_in\\_guava\\_at\\_different\\_ripening\\_stages](https://www.researchgate.net/publication/351981614_Quantification_of_bioactive_compounds_in_guava_at_different_ripening_stages). Acesso em: 21 jun. 2022.

SIBIYA, N. P.; KAYITESI, E.; MOTEETEE, A. Mineral composition of selected indigenous wild southern African fruits. **South African Journal of Botany**, [Amsterdam], v. 132, p. 87-94, Aug. 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0254629919313808>. Acesso em: 25 jun. 2022.

SILVA, E. dos S. *et al.* Evaluation of macro and micronutrient elements content from soft drinks using principal component analysis and Kohonen self-organizing maps. **Food Chemistry**, [Oxford], v. 273, n. 9-14, Feb. 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030881461830983X>. Acesso em: 13 jul. 2022.

SILVA, E. P. da *et al.* Caracterização física, química e fisiológica de gabioba (*Campomanesia pubescens*) durante o desenvolvimento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 4, p. 803-809, out./dez. 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cta/a/6zwHg3nK3wsNzcxDvsnm6kD/abstract/?lang=en>. Acesso em: 15 jun. 2022.

SOUZA, J. L. da C. *et al.* Caracterização física e química de gabioba e murici. **Revista Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 42, n. 3, p. 792-800, ago. 2019. Disponível em: <https://revistas.rcaap.pt/rca/article/view/17521>. Acesso em: 05 jun. 2022.

SOUSA, M. B. T. *et al.* Low pressure ion pair chromatography with amperometric detection for the determination of trigonelline in coffee samples. **Food Research International**, [Amsterdam], v. 114, p. 223-229, Dec. 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0963996918306069>. Acesso em: 19 jun. 2022.

ŚRODA-POMIANEK, K. *et al.* Cytotoxic and multidrug resistance reversal activity of phenothiazine derivative is strongly enhanced by theobromine, a phytochemical from cocoa. **European Journal of Pharmacology**, [Amsterdam], v. 849, p. 124-134, Apr. 2019. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30721703/>. Acesso em: 13 jun. 2022.

STEFANO, V. D. *et al.* Quantitative evaluation of the phenolic profile in fruits of six avocado (*Persea americana*) cultivars by ultra-high-performance liquid chromatography-heated electrospray-mass spectrometry. **International Journal of Food Properties**, [Philadelphia], v. 20, n. 6, p. 1302-1312, Jan. 2017. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10942912.2016.1208225>. Acesso em: 25 jun. 2022.

TRINDADE, D. P. de A. *et al.* Isolation and identification of lactic acid bacteria in fruit processing residues from the Brazilian Cerrado and its probiotic potential. **Food Bioscience**, [Amsterdam], v. 48, Aug. 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2212429222001985>. Acesso em: 15 jul. 2022.

VATANEN, T. *et al.* Self-organization and missing values in SOM and GTM. **Neurocomputing**, [Amsterdam], v. 147, p. 60–70, Jan. 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925231214007127>. Acesso em: 26 jun. 2022.

VERRUCK, S. *et al.* Nutritional composition of Brazilian native species of *Campomanesia spp.* **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 9, n. 7, p. 1-13, May 2020. Disponível em: [https://redib.org/Record/oai\\_articulo3002946-nutritional-composition-brazilian-native-species-campomanesia-spp](https://redib.org/Record/oai_articulo3002946-nutritional-composition-brazilian-native-species-campomanesia-spp). Acesso em: 16 jun. 2022.

WATKINS, C. B. Fisiologia pós colheita de tecidos vegetais comestíveis. In: DAMORAN, S.; PARKIN, L. (eds.). **Química de alimentos de Fennema**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2019. p. 1013-1079.

WHO/FAO/UNU EXPERT CONSULTATION. **Vitamin and Mineral Requirements in Human Nutrition**. WHO Technical Report Series n. 532. New York: WHO Press, 2005. 360 p.

YILDIRIM, F. *et al.* Mineral composition of leaves and fruit in some myrtle (*Myrtus communis* L.) genotypes. **Erwerbs-Obstbau**, [New York], v. 57, p. 149-151, May 2015. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10341-015-0243-9>. Acesso em: 18 jul. 2022.

ZHANG, X. *et al.* Transcriptome analysis reveals candidate genes for dietary fiber metabolism in *Rosa roxburghii* fruit grown under different light intensities. **Horticulture, Environment, and Biotechnology**, [South Korea], v. 62, p. 751-754, May 2021. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13580-021-00359-6>. Acesso em: 27 jun. 2022.

ZHU, C. *et al.* Rosmarinic acid delays tomato fruit ripening by regulating ripening-associated traits. **Antioxidants**, [Basel], v. 10, n. 11, p. 1-15, Nov. 2021. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34829692/>. Acesso em: 07 jul. 2022.