

PROPRIEDADES COLORIMÉTRICAS E CONTEÚDO DE COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS NA ESPÉCIE *BUTIA CAPITATA* COM DIFERENTES CORES DE EPICARPO.

Juliana Fróes Pirôpo de Oliveira¹, Everaldo Gonçalves Bispo², Lucas André Xavier da Silva³, Shirlene Gonçalves Siqueira⁴, Caroline Liboreiro Paiva⁵, Rubia Santos Fonseca⁶, Juliana Pinto de Lima⁷

¹Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Agrárias, Montes Claros, Brasil.
E-mail: jullinutri@gmail.com

²Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia da Bahia, Porto Seguro, Brasil.
E-mail: everaldoifba@gmail.com

³Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Agrárias, Montes Claros, Brasil.
E-mail: lucasrpm1@gmail.com

⁴Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Agrárias, Montes Claros, Brasil.
E-mail: shirlene.goncalves@hotmail.com

⁵Universidade Federal de Minas Gerais, Docente, Instituto de Ciências Agrárias, Montes Claros, Brasil.
E-mail: carolinepaiva@ufmg.br

⁶Universidade Federal de Minas Gerais, Docente, Instituto de Ciências Agrárias, Montes Claros, Brasil.
E-mail: rubiafonseca@ufmg.br

⁷Universidade Federal de Minas Gerais, Docente, Instituto de Ciências Agrárias, Montes Claros, Brasil.
E-mail: juliana-pinto-lima@ica.ufmg.br

RESUMO: O bioma Cerrado é rico em espécies frutíferas endêmicas, com características nutricionais e sensoriais únicas. Um exemplo notável é o *Butia capitata*, popularmente conhecido como coquinho-azedo, amplamente consumido na região. Os frutos são caracterizados por uma polpa suculenta, doce e levemente ácida, com riqueza de nutrientes que oferecem benefícios à saúde, incluindo atividades antioxidantes e anti-inflamatórias. As condições ambientais adversas do Cerrado resultam na formação de metabólitos secundários, como os compostos bioativos, que conferem características sensoriais distintas aos frutos, como cor, sabor, aroma e também influenciam sua composição funcional. A variação na coloração dos frutos pode indicar diferenças na composição química e na atividade biológica. Desta forma, o estudo objetivou relacionar a colorimetria do epicarpo dos frutos com o teor de compostos fenólicos totais na fração comestível (casca+polpa) do coquinho-azedo. Os frutos foram divididos visualmente em três cores, com base na coloração externa do epicarpo. Após a segregação visual, mensurou-se a coloração do fruto com um analisador digital. Em seguida, extratos foram preparados para determinação de compostos fenólicos totais. Esse trabalho buscou preencher uma lacuna na literatura científica, explorando a composição de frutos de *B. capitata* com cores de epicarpo distintas, uma vez que a maioria das pesquisas até o momento se concentrou na coloração amarela. Essa abordagem pode contribuir para um melhor entendimento da diversidade dentro da espécie e para a determinação do potencial de uso desses frutos.

PALAVRAS-CHAVE: Coquinho-azedo; Fitoquímicos; Coloração.

1 INTRODUÇÃO

O Cerrado brasileiro possui uma ampla gama de espécies frutíferas endêmicas, com alto valor nutricional e características organolépticas únicas, como cores vibrantes, sabores distintos e aromas marcantes. No entanto, esses frutos ainda são

pouco estudados e seu potencial permanece desconhecido (Bicalho et al., 2018; Brito et al., 2022).

Dentro da flora deste bioma, destaca-se o *Butia capitata*, fruto popularmente conhecido como

coquinho-azedo, butiá, coquinho ou butiá azedo (Souza et al., 2020). Ele é composto por epicarpo, mesocarpo e endocarpo, apresentando uma forma oval ou arredondada, com superfície lisa e brilhante, e uma coloração que varia do amarelo ao roxo, sendo a coloração amarela a mais estudada predominantemente (Moura et al., 2010).

Sua polpa é succulenta, com sabor doce e levemente ácido, de cor amarelo intenso, textura fibrosa e aroma marcante. O endocarpo é rígido e de cor marrom-escura, envolvendo a semente que possui uma textura macia e uma cor esbranquiçada (Faria et al., 2011; Kerkhoff et al., 2021).

Devido às suas características sensoriais distintas, o coquinho-azedo tem uma grande importância socioeconômica na região do Cerrado, sendo uma fruta amplamente consumida pela população local. É apreciado tanto fresco quanto processado artesanalmente, além de ser utilizado como matéria-prima na agroindústria regional para a produção de polpas, sorvetes, picolés, doces, geleias e licores (Faria et al., 2011; Hoffmann et al., 2014; Jachna et al., 2016).

O fruto apresenta alto teor de lipídios, fibras, vitamina C, minerais (ferro, cobre, magnésio e potássio), e compostos bioativos como compostos fenólicos e carotenoides, que oferecem diversos benefícios à saúde (Magalhães et al., 2017; Barbosa et al., 2020; Nascimento et al., 2020; Pereira et al., 2021; Reguengo et al., 2022).

O potencial funcional dos compostos bioativos está relacionado à atividade antioxidante, retardando o envelhecimento e prevenindo doenças crônicas como diabetes, obesidade, doenças cardiovasculares e câncer, além de atuarem como agentes antimicrobianos, anti-inflamatórios, antilipidêmicos e neuroprotetores (Silva et al., 2019; Reis et al., 2019).

Esses compostos também são responsáveis pelas características de sabor, textura, aroma e coloração dos frutos. A cor em frutos é um efeito combinado de diversos pigmentos, principalmente clorofilas, carotenoides e/ou antocianinas (Rodríguez-Amaya et al., 2019; Brito et al., 2022).

As diferenças na coloração podem indicar, portanto, composições químicas distintas e influenciar diretamente na bioatividade do fruto (Arruda et al., 2019; Borges et al., 2022).

A medição da cor pode ser utilizada como meio de diferenciar espécies, genótipos, condições de pós-colheita, estádios de maturação, composição química, dentre outros (Borges et al., 2022; Schultz et al., 2020).

Desta forma, a identificação e caracterização dos frutos é de grande relevância,

contribuindo para estabelecer a diversidade entre as espécies e determinar seu potencial de uso.

Por esse motivo, este estudo objetivou elucidar a composição fenólica de frutos de *B. capitata* com cores de epicarpo distintas, uma vez que até o momento só foram encontrados dados na literatura científica sobre a coloração amarela.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Obtenção do material e local do experimento

Cachos de frutos do coquinho-azedo (*Butia capitata*), com plena maturidade fisiológica, foram coletados na área rural do município de Mirabela, estado de Minas Gerais. A fim de obter lotes uniformes, foram selecionados os frutos com casca íntegra, sem deformidades ou lesões. Após seleção, os frutos foram lavados em água corrente, sanitizados em solução de hipoclorito de sódio a 100 ppm por 15 minutos, e o excesso de solução sanitizante drenado em superfície com toalhas de papel.

Para as análises iniciais de pós-colheita, os frutos foram subdivididos em 3 grupos considerando o atributo cor predominantemente visível a olho nu, sendo elas denominadas como: amarelo (AM), laranja (LA) e rosa (RA). No total, 60 frutos (20 de cada coloração) foram selecionados, sendo cada um deles avaliado quanto às características colorimétricas.

Procedimento colorimétrico

Após a segregação visual que definiu os 3 tratamentos, a determinação da cor instrumental predominante no epicarpo dos frutos deu-se por meio de colorímetro digital (Konica Minolta® Sensing, modelo CR-400), de acordo com o sistema proposto pela *Comissão Internacional d'Eclairage* e conhecido como modelo de cores CIE Lab (Figura 1).

Figura 1: Determinação de cor da epiderme dos frutos da espécie *Butia capitata* com auxílio do colorímetro digital.



Fonte: Autoria própria (2024)

Foram feitas 4 leituras diretas de reflectância das coordenadas L^* , a^* e b^* na superfície de cada um dos frutos amostrais: 1 leitura no ápice, 1 na base e 2 em pontos equidistantes dentro da região equatorial. Os resultados foram expressos em luminosidade (L^*), variando do preto ao branco (0 a 100) e os valores de a^* ($-a^*$ verde/ $+a^*$ vermelho) e b^* ($-b^*$ azul/ $+b^*$ amarelo), convertidos em Cromaticidade (C) e ângulo de matiz ($^{\circ}$ Hue), os quais indicam a intensidade de cor e tonalidade da amostra, respectivamente e são obtidos através das equações:

$$^{\circ}\text{Hue} = \text{Tang}^{-1}(b^*/a^*) \quad (1)$$

$$C = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (2)$$

Elaboração dos extratos

Os extratos para análise de compostos fenólicos totais foram preparados seguindo metodologia proposta por Fonseca *et al.* (2021) especificada a seguir.

Em um tubo *falcon* (50 mL), foram colocados 5g de amostra de coquinho-azedo macerado (3g polpa + 2g casca), e adicionou-se de 10 mL de extrato hidrometanólico (50:50, v/v), seguindo-se de agitação manual por 30 segundos e repouso à temperatura ambiente pelo período de 1 hora antes de serem centrifugados a $5.200 \times g$, a 25°C , por 10 minutos. Logo após, os sobrenadantes foram recuperados e transportados para outro tubo.

Em seguida, 10 mL de acetona (70:30, v/v) foram adicionados à amostra e deixados por mais 1 hora. Houve então uma nova centrifugação sob as mesmas condições ($5.200 \times g$ por 10 minutos), e o sobrenadante filtrado e adicionado ao extrato metanólico. Foram preparados 5 extratos para cada coloração, num total de 15 amostras para análise.

Determinação de compostos fenólicos totais

A análise de compostos fenólicos totais foi realizada de acordo com a metodologia proposta por Cacique *et al.* (2021) utilizando-se do reagente de Folin-Ciocalteu.

Uma alíquota de 40 μL do extrato da amostra foi transferida para um balão de 5 mL, contendo 360 μL de água destilada e em seguida acrescida de 40 μL do reagente Folin-Ciocalteu. Essa mistura foi homogeneizada e deixada em repouso no escuro por 5 minutos.

Posteriormente, foram adicionados 400 μL de solução de carbonato de sódio a 7% (p/v) e o volume total de 1000 μL ajustado, adicionando à mistura 160 μL de água destilada. A solução

resultante foi deixada à temperatura ambiente (25°C) por 90 minutos, período após o qual a leitura das absorbâncias foi realizada em espectrofotômetro de absorção na região ultravioleta (UV)/Visível a 750 nm.

A solução de ácido gálico na faixa de concentração de 1,0–8,0 mg L^{-1} foi usada para traçar a curva padrão. O teor de compostos fenólicos totais foi expresso em miligrama de equivalente de ácido gálico/litro da amostra.

Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e apresentados como média \pm desvio padrão e as médias comparadas pelo teste Scott-Knott ($p < 0,05$) com auxílio do programa estatístico SISVAR[®].

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise de colorimetria

A cor do epicarpo é atributo visual que os consumidores consideram ao escolher frutas frescas, sendo percebido como um indicativo da qualidade e sabor. No entanto, a tonalidade da casca pode sofrer mudanças significativas durante o processo de amadurecimento, devido à degradação da clorofila e biossíntese de pigmentos como antocianinas e carotenoides (Pereira *et al.*, 2018; Ferreira *et al.*, 2019; Botrel e Melo, 2020; Martinelli *et al.*, 2022).

No que diz respeito aos critérios colorimétricos do *Butia capitata*, foi constatado que houve variação significativa nos parâmetros a^* e b^* para as 3 cores, sendo que este variou de 9,23 (AM) a 18,22 (RA), enquanto aquele esteve entre 32,87 (RA) e 47,77 (AM) Tabela 1.

Em geral, todas as médias exibiram valores positivos de a^* e b^* , que são indicativos das cores vermelha e amarela, respectivamente. Os valores de a^* positivos refletem cores mais próximas do vermelho. A cor positiva de b^* define proximidade ao amarelo, cujo fruto AM apresentou maior valor desta variável e houve diferença estatística entre as demais cores.

Similarmente, os parâmetros a^* e b^* para o *Butia odorata* em trabalho desenvolvido por Wagner *et al.* (2020) também foram positivos, com média de a^* igual a 15,55 e b^* de 48,58, apresentando coloração amarelada e avermelhada, mais próximas aos coquinhos AM e LA do presente estudo.

O ângulo de matiz ou tonalidade ($^{\circ}$ hue) e a saturação ou croma (C^*) são calculados a partir dos resultados obtidos em a^* e b^* (Oliveira *et al.*, 2019), o que possibilita uma avaliação mais precisa da

coloração da fruta e sua variação durante o processo de maturação. A variável °Hue é considerada a medida de cor propriamente dita, e é utilizada para expressar a diferença na tonalidade da casca das frutas. Determina graficamente os ângulos de 0°, 90°, 180° e 270° como sendo referente às cores vermelha, amarela, verde e azul, respectivamente (Wagner *et al.*, 2020).

Valores próximos a 0 indicam predominância de coloração avermelhada, em contraste, valores próximos a 90 indicam tons amarelados. Neste trabalho, foi verificado que as amostras apresentaram valores de ângulo de matiz (h°) entre 60,06° e 79,05°, todos situados dentro do primeiro quadrante (<90°), com diferença significativa entre as amostras (P > 0,05).

O ângulo máximo determinado foi de 79,04° para o tratamento AM o que é compatível com a tonalidade amarela. Os frutos apresentaram cores intermediárias. Em pesquisa conduzida por

Tabela 1 - Análise dos parâmetros colorimétricos do epicarpo dos frutos de *Butia capitata* em 3 diferentes cores de epicarpo.

	AM	LA	RA
L	65,73 a	64,07 a	54,55 b
a*	9,23 c	12,96 b	18,22 a
b*	47,77 a	36,61 b	32,87 c
Croma (C*)	48,75 a	38,74 b	38,10 b
Hue (h°)	79,04 a	72,13 b	60,06 c

Valores expressos em média. As médias seguidas pela mesma letra em uma linha não são significativamente diferentes pelo teste de Scott Knott (p < 0,05).

Pereira *et al.* (2019), o coquinho-azedo demonstrou um valor de 82,53° para o ângulo Hue na casca do fruto amarelo, superando os outros frutos examinados neste estudo. Por outro lado, o coquinho-azedo de aspecto visual predominantemente roxo, destes autores, exibiu um ângulo de 69,15°, indicando valores intermediários entre os tons de laranja e amarelo, aproximando-se da amostra LA deste estudo.

Estudo realizado por Andrade *et al.* (2019), também com o *Butia capitata* apresentou um ângulo de Hue de 104,41°, sugerindo que o fruto estava tendendo para uma coloração amarelo-esverdeada, o que indica possivelmente um estágio de maturação mais precoce em comparação aos frutos examinados nesta pesquisa.

Os resultados da análise de tonalidade da cor podem ser um indicativo do teor de pigmentos,

como carotenoides e/ou flavonoides presentes na composição química dos frutos. Esses compostos são responsáveis pela coloração e associam-se a efeitos benéficos à saúde, como propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias. Portanto, a avaliação deste critério é importante para a seleção de frutos mais nutritivos e saudáveis (Ferreira *et al.*, 2019).

O Croma é um parâmetro que mede a saturação, grau de pureza ou intensidade da cor de uma amostra. Também é relevante para caracterização e identificação de frutos de boa qualidade (Ferreira *et al.*, 2019). Seus valores de referência estão entre 0 e 100, sendo que valores maiores indicam cores mais saturadas, ou seja, com maior pureza da cor predominante, enquanto valores menores indicam cores menos intensas (mais cinzentas) (Oliveira *et al.*, 2019; Ferreira *et al.*, 2019; Martinelli *et al.*, 2022).

As análises de saturação realizadas nos coquinhos resultaram em valores que variaram de 38,10 a 48,75. Houve uma diferença significativa (P > 0,05) na coloração da epiderme do fruto AM comparada às demais. Na média geral as amostras apresentaram cores parcialmente puras, de intensidade moderada.

O valor mais elevado de saturação foi encontrado na amostra AM, sugerindo uma maior quantidade de pigmentos no epicarpo em relação às demais amostras, resultando em uma cor mais pura e definida.

Pereira *et al.* (2019) registraram uma maior intensidade e pureza das cores para o coquinho-azedo amarelo (C* = 61,8) e roxo (C* = 50,5) em comparação com os frutos deste estudo. Por outro lado, Andrade *et al.* (2019) identificaram um valor de croma de 41,06 para o coquinho, mais próximo aos valores observados nas amostras LA e RA.

Os resultados da coordenada L*, que indicam a luminosidade do fruto, e pode variar numa escala de 0 (preto) a 100 (branco), mostraram que houve diferença estatística para o epicarpo do *Butia capitata*. Valores de luminosidade mais elevados indicam cores mais claras (Wu *et al.*, 2021; Martinelli *et al.*, 2022).

A amostra RA apresentou o menor valor de L*, indicando uma coloração um pouco mais escura que as demais AM e LA (65,73 e 64,07) consideradas com maior luminosidade e tons mais brilhantes, o que está de acordo com a aparência do fruto.

Similarmente, Andrade *et al.* (2019) observaram valor de L* de 63,71 para o butiá, que se aproximou das amostras AM e LA. Assim como os coquinhos amarelos avaliados por Pereira *et al.* (2019) que obtiveram resultado semelhante de L*

(65,43), no entanto, o fruto roxo mostrou $L^* = 58,99$, um pouco mais próximo do fruto RA (54,55) encontrado na presente pesquisa.

Martinelli *et al.* (2022) também ao avaliarem variáveis colorimétricas no coquinho-azedo em diferentes graus de maturação (maduro e imaturo) obtiveram para os valores de $L^* = 64,06$ e $65,10$, $C^* = 63,33$ e $58,59$, Hue = $72,02$ e $72,07$, caracterizando frutos de coloração amarela intensa e brilhante.

Similaridade nos critérios de luminosidade e ângulo de matiz foram percebidos por Nascimento *et al.* (2020) ao estudar o *Butia capitata*. Os autores encontraram $L^* = 56,53$, Hue = $81,94^\circ$, porém saturação bem baixa ($C^* = 10,65$).

Hoffmann *et al.* (2017) observaram a tonalidade de várias espécies de Butia: *B. odorata*, *B. paraguayensis*, *B. catarinenses* e *B. yatay*, e encontraram valores de Hue iguais a $74,5^\circ$, $50,1^\circ$, $66,9^\circ$ e $88,5^\circ$, respectivamente. As espécies *B. odorata* e *B. yatay* apresentaram os maiores valores e maior proximidade com a cor dos frutos AM e LA aqui analisados.

É importante ressaltar que as diferenças nos resultados na cor dos frutos podem ser influenciadas por diversos fatores, como local de cultivo, clima (temperatura e luminosidade), época de colheita, grau de maturação, espécie/genótipo e cultivar analisado (Ferreira *et al.* 2019; Nascimento *et al.*, 2020; Zacari *et al.*, 2021; Ventura *et al.*, 2022).

Análise do teor de compostos fenólicos totais

O teor de compostos fenólicos totais presente nas polpas dos frutos do *Butia capitata* é mostrado na Tabela 2. Os resultados foram expressos em mg de equivalente de ácido gálico (EAG) por 100g de amostra.

Notou-se que os valores obtidos variaram de 525,00 a 669,22 mg EAG/100g, não apresentando diferença estatística entre as diferentes cores, com uma média de 573,75 mg EAG/100g para o fruto.

Segundo Vasco *et al.* (2008) as frutas com alto teor de compostos fenólicos são aquelas que apresentam valores maiores que 500 mg EAG/100 g. As demais são classificadas como teor intermediário (entre 100 e 500 mg EAG/100 g) ou baixo (<100 mg EAG/100 g). Todas as amostras foram classificadas, portanto, com alto teor de fenólicos totais.

Tabela 2 - Teor de fenólicos totais da polpa do *Butia capitata* em diferentes colorações de epicarpo

	AM	LA	RA
Fenólicos totais (mg EAG/100g)	669,2 a	524,0 a	528,0 a

Valores expressos em média. As médias seguidas pela mesma letra em uma linha não são significativamente diferentes pelo teste de Scott Knott ($p < 0,05$). EAG: Equivalente de ácido gálico.

Os resultados encontrados foram superiores aos obtidos na literatura em estudos realizados anteriormente com o *Butia capitata*, por Sganzerla *et al.* (2010), Genovese *et al.* (2008) e por Faria *et al.* (2008), cujo valor médio foi de 260,41, 256 e 210 mg EAG/100g, respectivamente.

Assim como foi maior do que o relatado por de Souza *et al.* (2018), Lahlou *et al.* (2022) e Nascimento *et al.* (2020) que revelaram conteúdo fenólico total de 63,2, 142,3 e 173,49 mg EAG/100g respectivamente.

Por outro lado, em trabalhos desenvolvidos por Otero *et al.* (2020) e Barbosa *et al.* (2021), o teor de fenólicos do coquinho-azedo encontrado foi similar ao percebido no presente estudo, sendo observados 557 e 493,60 mg EAG/100g, respectivamente. Este último autor analisou também os compostos fenólicos da amêndoa do coquinho-azedo classificando-o com teor médio desta categoria, correspondente a 132,6 mg EAG/100g.

É relevante destacar que os frutos do Cerrado crescem espontaneamente, sem intervenção humana, e, portanto, são capazes de apresentar uma maior variabilidade fitoquímica dentro da espécie, justamente pelo fato de serem naturalmente submetidas às condições extremas de estresse, que requerem mecanismos de adaptação e resistência (Beskow *et al.*, 2015; Magalhães *et al.*, 2017; Araújo *et al.*, 2019; Barbosa *et al.*, 2021).

As variações observadas refletem a complexidade dos vegetais, que enfrentam condições exógenas e endógenas diversas as quais associadas garantem a diversidade na composição das espécies e entre as espécies.

Magalhães *et al.* (2017) ao investigarem o *Butia capitata* em 4 diferentes localidades no norte de Minas Gerais (Abóboras, Mirabela, Bonito de Minas e Cristália) obtiveram uma variação importante no teor de compostos fenólicos, sendo o menor valor encontrado em Bonito de Minas (337,26 mg EAG/100g) e o maior em Mirabela (821,66 mg EAG/100g), classificando o fruto como intermediário ou alto teor de compostos fenólicos a depender de seu local de coleta.

A origem geográfica das plantas pode exercer um impacto significativo nas concentrações de compostos fenólicos totais. Como esses compostos são provenientes do metabolismo secundário dos vegetais, a sua síntese pode variar de acordo com fatores como a composição química do solo e condições climáticas (temperatura, umidade e exposição solar) (Magalhães *et al.*, 2017; Araújo *et al.*, 2019; Schmidt *et al.*, 2020; Naranjo *et al.*, 2020; Guimarães *et al.*, 2022).

Desta forma, frutos de uma mesma espécie, em locais diversos e condições ambientais diversificadas podem apresentar diferenças significativas.

Em pesquisa realizada por Rodrigues *et al.* (2022) que avaliou 5 espécies do gênero *Butia Becc* (*B. catarinenses*, *B. lallemantii*, *B. odorata*, *B. odorata* var. *pulposa*, e *B. witeckii*) foram obtidas concentrações totais de compostos fenólicos entre 170,7 e 778,5 mg EAG/100g.

Os resultados apontaram, portanto, que o *Butia capitata* apresentou conteúdo de fenólicos totais variado quando comparado ao de outras palmeiras do mesmo gênero e família.

As características genotípicas específicas de cada espécie associadas aos estímulos ambientais aos quais são submetidos os frutos, são os responsáveis pela síntese de compostos bioativos (Alves *et al.*, 2017; Magalhães *et al.*, 2017; Araújo *et al.*, 2019; Silva *et al.*, 2021; Guimarães *et al.*, 2022).

Resultados variados quanto à composição bioativa também podem ser justificados pela influência do processo de maturação durante o qual são esperadas alterações fisiológicas e químicas nas diferentes fases de crescimento e desenvolvimento do fruto, sendo frequente observar maiores concentrações no estágio maduro (Magalhães *et al.*, 2017; Shultz *et al.*, 2019; Guimarães *et al.*, 2022).

Além dos fatores intrínsecos e extrínsecos durante o pré e pós-colheita, outros elementos devem ser levados em consideração ao avaliar o conteúdo fenólico total.

Como por exemplo de acordo com as metodologias aplicadas para extração e identificação de seus compostos fenólicos da matriz alimentar. A complexidade das matrizes vegetais pode demandar a utilização de métodos de extração diversos, a fim de assegurar uma maior eficácia na extração dos compostos fenólicos (Pereira *et al.*, 2023).

Pereira *et al.* (2023) desenvolveram trabalho cujo objetivo foi obter extratos da polpa do fruto *Butia capitata* por diferentes métodos e caracterizá-los quanto aos compostos fenólicos totais. A técnica que garantiu melhor desempenho de extração e identificação de altos teores de compostos

fenólicos totais foi a extração sequencial com dióxido de carbono supercrítico e etanol e água pressurizados (193,87, 280,36 e 185,77 mg EAG/100 mg, respectivamente), quando comparado com os métodos de extração convencionais usando etanol e hexano (141,17 e 115,50 mg EAG/100 mg).

O teor fenólico total está condicionado, portanto, à técnica de extração (como ultrassom, agitação, banho-maria, mistura, trituração, moagem ou extração mecânica) e às condições de extração (incluindo tamanho de partícula, tempo de contato, temperatura de extração, pH do meio, proporção solvente-sólido, pressão, número de extrações, entre outros fatores) (Barros *et al.*, 2017; Arruda *et al.*, 2019; Boing *et al.*, 2020).

A escolha de técnicas padronizadas, com preparo criterioso da amostra e a seleção do solvente de apropriada solubilidade (de forma a não causar degradação de compostos) são, portanto, estratégias a serem consideradas a fim de obter resultados mais precisos e representativos quanto à quantificação desses compostos (Rojas *et al.*, 2021; Silva *et al.*, 2021; Rodrigues *et al.*, 2022).

Logo, erros no preparo das amostras, diferentes solventes utilizados, tempo e temperatura de extração inadequados, podem resultar na alta variabilidade nos resultados. Além disso, podem haver interações entre os constituintes do alimento na sua complexa matriz alimentar.

Identificar os compostos bioativos de frutos ainda pouco explorados como o coquinho-azedo, pode estender suas aplicações, por exemplo, para a indústria alimentícia no desenvolvimento de novos produtos com potencial funcional, bem como pelo incentivo à indústria farmacêutica, considerando atividades biológicas de caráter terapêutico desses compostos.

4 CONCLUSÃO

Este estudo investigou a variação da cor do epicarpo do *Butia capitata*, explorando parâmetros colorimétricos como a^* , b^* , ângulo de matiz, saturação e luminosidade. O ângulo de matiz revelou a tonalidade predominante da casca das três variedades, com valores próximos intermediários entre vermelho e amarelo. Os resultados obtidos fornecem *insights* sobre a composição química dos frutos, especialmente em relação aos pigmentos como carotenoides e flavonoides, que estão associados a benefícios à saúde.

É fundamental ressaltar que a compreensão da variação da cor dos frutos pode contribuir para a seleção de frutos mais nutritivos e saudáveis, além de auxiliar na identificação de estágios ideais de colheita para diferentes usos.

Os resultados revelaram também que o teor de compostos fenólicos totais na polpa dos frutos do *B. capitata* não apresentou diferenças significativas entre as diferentes cores do epicarpo, porém foi classificado como sendo de alto conteúdo fenólico. Esses valores estão alinhados com estudos anteriores sobre o *B. capitata*, embora mostrem uma variabilidade dentro da espécie.

Estas variações podem estar atribuídas a uma série de fatores, incluindo características genóticas específicas, estímulos ambientais, condições de cultivo e estágios de maturação dos frutos. Além disso, a técnica de extração e as condições utilizadas podem influenciar os resultados, destacando a importância de metodologias padronizadas e criteriosas.

Desta forma, identificar e quantificar os compostos fenólicos em frutos pouco estudados, como o *B. capitata*, pode ter aplicações importantes na indústria alimentícia e farmacêutica, oferecendo potencial funcional e terapêutico desses compostos. No entanto, é essencial considerar a complexidade das matrizes alimentares e os diversos fatores que podem influenciar a composição química dos frutos.

REFERÊNCIAS

- ARAUJO, F. F.; NERI-NUMA, I. A.; FARIAS, D. P.; DA CUNHA, G. R. M. C.; PASTORE, G. M. Wild Brazilian species of *Eugenia* genera (Myrtaceae) as an innovation hotspot for food and pharmacological purposes **Food Research International**, v. 121 p. 57–72, 2019.
- ALARA, O. R.; ABDURAHMAN, N. H.; UKAEGBU, C. I. Extraction of phenolic compounds: A review. **Current Research in Food Science**, v. 4, p. 200–214, 2021.
- ANDRADE, R. Q.; PEREIRA, G. S. L.; SILVA, M. A. R.; SANTOS, T. C.; JESUS, C. A.; LIMA, J. P. Qualidade Pós-Colheita De Frutos Oriundos Do Cerrado Norte-Mineiro. **Inovação e Tecnologia na Gastronomia**, p. 328-329, 2019.
- BERNI, P.; S. S. CAMPOLI; T. C. NEGRI; N. M. V. de TOLEDO; S. G. CANNIATTI-BRAZACA. Non-conventional Tropical Fruits: Characterization, Antioxidant Potential and Carotenoid Bioaccessibility. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 74, p. 141–148, 2019.
- BRITO, G. O. D.; REIS, B. C.; FERREIRA, E. A.; VILELA JUNQUEIRA, N. T.; SÁ-BARRETO, L. C. L.; MATTIVI, F.; VRHOVSEK, U.; GRIS, E. F. Phenolic Compound Profile by UPLC-MS/MS and Encapsulation with Chitosan of *Spondias mombin* L. Fruit Peel Extract from Cerrado Hotspot—Brazil. **Molecules**, v. 27, 2382, 2022.
- BORGES, P. R. S.; EDELENBOS, M.; LARSEN, E.; HERNANDES, T.; NUNES, E. E.; VILAS BOAS, E. V. B.; PIRES, C. R. F. The bioactive constituents and antioxidant activities often selected. Brazilian Cerrado fruits. **Food Chemistry**, 14, 100268, 2022.
- BARBOSA, M. C. A.; ROSA, Q. S.; CARDOSO, L. M.; GOMIDES, A. F. F.; BARBOSA, L. C. A.; SANT'ANNA, H. M. P.; PINHEIRO, S. S.; PELUZIO, M. C. G.; TEIXEIRA, R. D. B. L.; VALENTE, M. A. S. Composition Proximate, Bioactive Compounds And antioxidant capacity of *Butia capitata*. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 41, p. 763-768, Dez. 2021.
- BOEING, J. S.; BARIZÃO, E. O.; ROTTA, E. M.; VOLPATO, H.; NAKAMURA, C. V.; MALDANER, L.; VISENTAINER, J. V. Phenolic Compounds from *Butia odorata* (Barb. Rodr.) Noblick Fruit and Its Antioxidant and Antitumor Activities. **Food Analytical Methods**, v. 13, p. 61–68, 2020.
- CARDOSO, L. M.; MARTINO, H. S. D.; MOREIRA, A. V. B.; RIBEIRO, S. M. R.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M. Cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.) of the Cerrado of Minas Gerais, Brazil: Physical and chemical characterization, carotenoids and vitamins. **Food Research International**, v. 44, p. 2151–2154, 2011.
- CHISTÉ, R. C.; COSTA, E. L. N.; MONTEIRO, S. F.; MERCADANTE, A. Z. Carotenoid and phenolic compound profiles of cooked pulps of orange and yellow peach palm fruits (*Bactris gasipaes*) from the Brazilian Amazonia. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 99, 103873, 2021.
- DIAS, W. P. A.; LOPES, P. S. N.; FONSECA, R. S.; RIBEIRO, L. M.; GONÇALVES, A. P.; RIBEIRO, B. A. P. Reproductive biology of *Butia capitata* (Arecaceae) undercultivation - indicators for the domestication of a threatened fruit tree. **Scientia Horticulturae**, v. 304, 111297, 2022.
- FARIA, J. P.; SIQUEIRA, E. M. A.; VIEIRA, R. F.; AGOSTINI-COSTA, T. S. Fruits of *butiá capitata* (mart.) Becc as good sources of β – carotene and provitamina. **Rev. Bras. Frutic.**,

- Jaboticabal - SP, Volume Especial, p. 612-617, Out. 2011.
- FARIA, J. P.; ALMEIDA, F.; SILVA, L. C. R. D.; VIEIRA, R. F.; AGOSTINI-COSTA, T. D. S. Chemical characterization of pulp of butiá capitata var capitata. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 3, p. 827-829, Set. 2008.
- FARIA, J. P.; ARELLANO, D. B.; GRIMALDI, R.; DA SILVA, L. C. R.; VIEIRA, R.F.; DA SILVA, D.B.; AGOSTINI-COSTA, T. S. Chemical characterization of nut of butiá capitata var capitata. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal - SP, v. 30, n. 2, p. 549-552, Jun. 2008.
- GUIMARÃES, A. C. G.; GOMES, M. S.; LIMA, L. M. Z.; SALES, P. F.; CUNHA, M. C.; RODRIGUES, L. J.; BARROS, H. E. A.; PIRES, C. R. F.; SANTOS, V. F.; NATARELLI, C. V. L.; VILAS BOAS, E. V. B. Application of Chemometric Techniques In The Evaluation of Bioactive Compounds and Antioxidant Activity of Fruit From Brazilian Cerrado. **Journal of Food Measurement and Characterization**, 2022.
- GONÇALVES, A. E. S. S.; LAJOLO, F. M.; GENOVESE, M. I. Chemical Composition and Antioxidant/Antidiabetic Potential of Brazilian Native Fruits and Commercial Frozen Pulps. **J. Agric. Food Chem.**, v. 58, n. 8, p. 4666–4674, 2010.
- HOFFMANN, J. F.; CRIZEL, R. L.; MADRUGA, N. Á.; BARBIERI, R. L.; ROMBALDI, C. V.; CHAVES, F. C. Flavan-3-ol, flavanone, flavone, flavonol, phenolic acid, and stilbene contents of four *Butia* species (Arecaceae). *International Journal of Tropical and Subtropical Horticulture. Fruits*, v.73, n. 2, p. 125–137, 2018.
- HOFFMANN, J. F.; BARBIERI, R. L.; ROMBALDI, C. V.; CHAVES, F. C. *Butia* spp. (Arecaceae): An overview. *Scientia Horticulturae*, v. 179, p. 122–131, 2014.
- HOFFMANN, G. S.; CARDOSO, M. F.; ALVES, R. J. V.; WEBER, E. J.; BARBOSA, A. A.; TOLEDO, P.M.; PONTUAL, F. B.; SALLES, L. O.; HASENACK, H. The Brazilian Cerrado is becoming hotter and drier. *Global Change Biology*, v. 27, n.17, p. 4060-4073, Set. 2021.
- JACHNA, T. J.; HERMES, V. S.; FLÔRES, S. H.; RIOS, A. O. Bioactive compounds in pindo palm (*Butia capitata*) juice and in pomace resulting of the extraction process. **J Sci Food Agric**, v.96, p. 1216–1222, 2016.
- LAHLOU, A.; CHILEH-CHELH, T.; LYASHENKO, S.; RINCÓN-CERVERA, M. A.; RODRÍGUEZ-GARCÍA, I.; LÓPEZ-RUIZ, R.; URRESTARAZU, M.; GUIL-GUERRERO, J. L. Arecaceae fruits: Fatty acids, phenolic compounds and *in vitro* antitumor activity. **Food Bioscience**, v. 50, 102181, 2022.
- LIMA, M. C.; PORTARI, G. V. Centesimal composition and antioxidant compounds of two fruits from the Cerrado (Brazilian Savannah). **Rev. Ceres**, Viçosa, v. 66, n.1, p. 041-044, Jan./Fev. 2019.
- MAGALHÃES, H. M.; BRANDÃO, T. M.; STRACIERI, J.; DE JESUS, H. F.; MENDES, D. S. T.; PASQUAL, M. Evaluating chemical composition of *Butia capitata* pulp among various populations and locations using multivariate analysis. **African Journal of Biotechnology**, v. 16, n. 38, p. 1902-1910, Set. 2017.
- MARTINELLI, M.; CASTRICINI, A.; SANTOS, J. L. O.; PEREIRA, L. D.; MARANHÃ, C. M. A. Quality of *Butia capitata* fruits harvested at diferente maturity stages. **Agronomía Colombiana**, v. 40, n. 1, p. 69-76, 2022.
- MOURA, R. C.; LOPES, P. S. N.; BRANDÃO JUNIOR, D. S.; GOMES, J. G.; PEREIRA, M. B. Fruit and seed biometry of *Butia capitata* (Mart.) Beccari (Arecaceae), in the natural vegetation of the North of Minas Gerais, Brazil. **Biota Neotropica**, v. 10, n. 2, 2010.
- MORZELLE, M. C.; BACHIEGA, P.; SOUZA, E. C.; VILAS BOAS, E. V. B.; LAMOUNIER, M. L. Chemical And Physical Characterization Of Fruits From Cerrado: Curriola, Gabiroba And Murici. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal - SP, v. 37, n. 1, p. 096-103, Mar. 2015.
- MORAES, P. R. Geografia Geral e do Brasil – Volume Único. São Paulo: Editora Harbra, 2016.
- MARCILLO-PARRA, V.; TUPUNA-YEROVIC, D. S.; GONZÁLEZ, Z.; RUALES, J. Encapsulation of bioactive compounds from fruit and vegetable by-products for food application – A review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 116, p. 11–23, 2021.

- NASCIMENTO, A. L. A. A.; BRANDI, I. V.; DURÃES, C. A. F.; DE LIMA, J. P.; SOARES, S. B.; MESQUITA, B. M. A. C. Chemical characterization and antioxidant potential of native fruits of the Cerrado of northern Minas Gerais. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 23, 2021.
- OTERO, D.; ANTUNES, B.; BOHMER, B.; JANSEN, C.; CRIZEL, M.; LORINI, A.; KRUMREICH, F.; ZAMBIAZI, R. C. Bioactive compounds in fruits from different regions of Brazil. **Rev. Chil Nutr**, v. 47, n. 1, p. 31-40. 2020.
- PEREIRA, M. C.; STEFFENS, R. S.; JABLONSKI, A.; HERTZ, P. F.; RIOS, A. O.; VIZZOTTO, M.; FLÓRES, S. H. Characterization, bioactive compounds and antioxidant potential of three Brazilian fruits. *Journal of Food Composition and Analysis*, v.29 p.19–24, 2013.
- PEREIRA, M. C.; STEFFENS, R. S.; JABLONSKI, A.; HERTZ, P. F.; RIOS, A. O.; VIZZOTTO, M.; PEREIRA, G. S. L.; BRAGA, R. N.; SOUZA, H. F.; OLIVEIRA, M. L. P.; LIMA, J. P.; VIEIRA, C. R. Physico-chemical and technological analyzes in fresh pasta incorporated of coquinho-azedo (*Butia capitata*) flour. **Cad. Ciênc. Agrá.**, v. 9, n. 3, supl. 1, p. 01–05, 2017.
- PEREIRA, G. S. L.; SOUTO, R. N. B.; OLIVEIRA, M. L. P.; SOARES, J. F.; ELENA, E.; CARVALHO, N.; PAIVA, C. L.; LIMA, J. P. “Proximate, mineral and carotenoid composition of coquinho-azedo flour”. **International Journal of Development Research**, v. 11, n. 9, p. 49967-49971, Set. 2021.
- PEREIRA, G. S. L.; MAGALHÃES, R. S.; FRAGA, S.; SOUZA, P. T.; LIMA, J. P.; MEIRELLES, A. J. A.; SAMPAIO, K. A. Extraction of bioactive compounds from *Butia capitata* fruits using supercritical carbon dioxide and pressurized fluids. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 199, 105959, 2023.
- RODRIGUES, C. E.; SCHÄFER, L.; GREGOLON, J. G. N.; OLIVEIRA, J. F.; BAEZ, O. P.; DEOLINDO, C. T. P.; MELO, A. P. Z.; SINGER, R. B.; KIST, T. B. L.; HOFF, R. Determination of amino acid content, fatty acid profiles, and phenolic compounds in non-conventional edible fruits of seven species of palm trees (Arecaceae) native to the southern half of South America. **Food Research International**, v. 162, 111995, 2022.
- RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Update on natural food pigments - A mini-review on carotenoids, anthocyanins, and betalains. **Food Research International**, v. 124, p. 200–205, 2019.
- RODRIGUES, A. C. C.; SAMPAIO, A. J. S.; MORAIS, E. P. Germinação in vitro e aclimatização de *butia capitata* (Mart.) Becc. **Revista Scientia**, Salvador, v. 8, n. 1, p. 98-111, jan./abr. 2023
- ROCKETT, F.; SCHMIDT, H.; RODRIGUES, E.; FLÓRES, S.; RIOS, A. Application of refrigeration and packing can extend *Butiá* fruit shelf life. **Food Bioscience**, v. 42, 101162, 2021.
- RUDKE, A. R.; MAZZUTTI, S.; ANDRADE, K. S.; VITALI, L.; FERREIRA, S. R. S. Optimization of green PLE method applied for the recovery of antioxidant compounds from *buriti* (*Mauritia flexuosa*L.) shell. **Food Chemistry**, v. 298, 2019.
- SANTOS, B.F. S. A new endemic and critically endangered species of *Butia* (Arecaceae) with comments on morpho-anatomical novelties in the genus. **Plant Systematics and Evolution**, vol. 4, p. 307- 323, 2021.
- SILVA, A. P. G.; SPRICIGO, P. C.; PURGATTO, E.; ALENCAR, S. M.; JACOMINO, A. P. Volatile Compounds Determined by SPME-GC, Bioactive Compounds, In Vitro Antioxidant Capacity and Physicochemical Characteristics of Four Native Fruits from South America. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 74, p. 358–363, 2019.
- SCHWARTZ, E.; FACHINELLO, J. C.; BARBIERI, R. L.; SILVA, J. B. Performance of *butiá capitata* population in Santa Vitoria Do Palmar. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal - SP, v. 32, n. 3, p.736-745, Set. 2010.
- SCHMIDT, H. O.; ROCKETT, F. C.; KLEN, A. V. B.; SCHMIDT, L.; RODRIGUES, E.; TISCHER, B.; AUGUSTI, P. R.; OLIVEIRA, V. R.; SILVA, V. L.; FLORES, S. H.; RIOS, A. O. New insights into the phenolic compounds and antioxidant capacity of feijoa and cherry fruits cultivated in Brazil. *Food Research International*, v. 136, e109564, 2020.
- SOUZA, A. G.; FASSINA, A. C.; SARAIVA, F. R. S.; SOUZA, L. Caracterização Físico-Química De Frutos Nativos Da Região Sul Do Brasil. **Evidência**, Joaçaba, v. 18, n. 1, p. 81-94, Jun. 2018.

SOUZA, P. N. S.; ANDRADE, F. H. P.; AZEVEDO, A. M.; Nietsche, S.; Ribeiro, L. M.; Lopes, P. S. N. Morphoagronomic diversity in *Butia capitata* progenies (Arecaceae). **Euphytica**, v. 219, n. 81, 2023.

SOUZA, F. G.; ARAÚJO, F. F.; FARIAS, D. P.; ZANOTTO, A. W.; NERI-NUMA, I. A.; PASTORE, G. M. Brazilian fruits of Arecaceae family: An overview of some representatives with promising food, therapeutic and industrial applications. **Food Research International**, v. 138, p. 109690, 2020.

SOUZA, F. G.; NÁTHIA-NEVES, G.; ARAÚJO, F. F.; AUDIBERT, F. L. D.; DELAFIORI, J.; NERI-NUMA, I. A.; CATHARINO, R. R.; ALENCAR, S. M.; MEIRELES, M. A. A.; PASTORE, G. M. Evaluation of antioxidant capacity, fatty acid profile, and bioactive compounds from buritirana (*Mauritiella armata* Mart.) oil: A little-explored native Brazilian fruit. **Food Research International**, v. 142, 110260, 2021.

SCHIASSI, M. C. E. V.; de SOUZA, V. R.; LAGO, A. M. T.; CAMPOS, L. G.; QUEIROZ, F. Fruits from the Brazilian Cerrado region: Physico-chemical characterization, bioactive compounds, antioxidant activities, and sensory evaluation. **Food Chemistry**, v. 245, p. 305–311, 2018.

SCHULZ, M.; SERAGLIO, S. K. T.; BRUGNEROTTO, P.; GONZAGA, L. V.; COSTA, A. C. O.; FETT, R. Composition and potential health effects of dark-colored underutilized Brazilian fruits – A review **Food Research International**, v. 137, 109744, 2020.

SÁ, D.; SCARIOT, A.; FERREIRA, J. B. Effects of ecological and anthropogenic factors on population demography of the harvested *Butia capitata* palm in the Brazilian Cerrado. **Biodiversity and Conservation**, v. 29, p. 1571–1588, 2020.

SILVA, P. A. D.; SCARIOT, A. Phenology, biometric parameters and productivity of fruits of the palm *Butia capitata* (Mart.) Beccari in the Brazilian Cerrado in the north of the state of Minas Gerais. **Acta Botanica Brasilica**, v. 27, n. 3, p. 580-589, 2013

SANTOS, J. C. C.; SILVA, D. M. R.; COSTA, R. N.; SANTOS, S. A.; SILVA, L. K. S.; SILVA, J. V. Biometry Of Fruits And Seeds And Pre-

Germination treatments Of *Hymenaea courbaril* Seeds. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá (PR), v. 12, n. 3, p. 957-979, 2019.

TEIXEIRA, N.; MELO, J. C. S.; BATISTA, L. F.; PAULA-SOUZA, J.; FRONZA, P.; BRANDAO, M. G. L. Edible fruits from Brazilian biodiversity: A review on their sensorial characteristics versus bioactivity as tool to select research. **Food Research International**, v. 119, p. 325–348, 2019.

VALE, H. M. M.; REIS, J. B. A.; OLIVEIRA, M.; MOREIRA, G. A. M.; BOMFIM, C. A. Yeasts in native fruits from Brazilian neotropical savannah: occurrence, diversity and enzymatic potential. **Biota Neotropica**, v. 21, n. 4, 2020.

VENTURA, L. J. M.; PEREIRA, G. S. L.; MAZZOTTINI-DOS-SANTOS, H. C.; LIMA, J. P.; MERCADANTE-SIMÕES, M. O. LOPES, P. S. N.; RIBEIRO, L. M. Cytological aspects of *Butia capitata* (Arecaceae) fruit maturation and senescence. **Scientia Horticulturae**, v.297, 110938, 2022