

Compostos bioativos, atividade antioxidante e perfil de minerais nas amostras de méis de *Apis mellifera* L (HYMENOPTERA: APIDAE) provenientes da Caatinga Piauiense, Brasil

Bioactive compounds, antioxidant activity and mineral profile in honey samples from *Apis mellifera* L (HYMENOPTERA: APIDAE) from the Caatinga of Piauí, Brazil

Compuestos bioactivos, actividad antioxidante y perfil mineral en muestras de miel de *Apis mellifera* L (HYMENOPTERA: APIDAE) de la Caatinga de Piauí, Brasil

DOI: 10.55905/oelv22n6-031

Receipt of originals: 04/26/2024

Acceptance for publication: 05/17/2024

Daisy Jacqueline Sousa Silva

Mestre em Alimentos e Nutrição

Instituição: Universidade Federal do Piauí (UFPI)

Endereço: Teresina, Piauí, Brasil

E-mail: daisyjacqueline@ufpi.edu.br

Ana Karine de Oliveira Soares

Mestre em Alimentos e Nutrição

Instituição: Universidade Federal do Piauí (UFPI)

Endereço: Teresina, Piauí, Brasil

E-mail: aksoares@ufpi.edu.br

Ana Livia Sousa Campos

Bacharelado em Nutrição

Instituição: Universidade Federal do Piauí (UFPI)

Endereço: Picos, Piauí, Brasil

E-mail: liviacampos@ufpi.edu.br

Juliana do Nascimento Bendini

Doutora em Zootecnia pela Universidade Estadual Paulista (UNESP)

Instituição: Universidade Federal do Piauí (UFPI)

Endereço: Picos, Piauí, Brasil

E-mail: jrbendini@ufpi.edu.br

Marcelo Antonio Morgano

Doutor em Química pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

Instituição: Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL)

Endereço: Campinas, São Paulo, Brasil

E-mail: morgano@ital.sp.gov.br

Regilda Saraiva dos Reis Moreira-Araújo

Pós-Doutora em Nutrição em Saúde Pública pela Faculdade de Saúde Pública da

Universidade de São Paulo (FSP – USP)

Instituição: Universidade Federal do Piauí (UFPI)

Endereço: Teresina, Piauí, Brasil

E-mail: regilda@ufpi.edu.br

RESUMO

O mel é um adoçante natural com diversas propriedades funcionais. Apesar do Brasil apresentar um enorme potencial na produção de mel, o consumo *per capita* desse alimento no país, situa-se entre os menores do mundo, sua composição nutricional depende das características das plantas visitadas pelas abelhas *Apis mellifera*. O objetivo desse trabalho foi quantificar os compostos bioativos e determinar a atividade antioxidante e os minerais presentes em 12 amostras de méis florais de *Mimosa caelsapinifolia* e *Pitrocarpa moniliformis* produzido por abelhas *Apis mellifera* na caatinga piauiense, Nordeste do Brasil. A análise do teor de fenólicos totais e de flavonoides foram realizadas pelo método espectrofotométrico, a atividade antioxidante foi verificada pelos métodos DPPH e ABTS, já os minerais foram quantificados por ICP-OES. Todas as análises foram realizadas em triplicata, os resultados foram expressos como médias e desvio-padrão, seguido pela comparação de médias pelo teste de *t* de Tukey, e correlação de *Pearson* foi aplicado para verificar a correlação entre a origem botânica e as variáveis pesquisadas. Constatou-se que os compostos bioativos analisados, a capacidade antioxidante e o teor de minerais sofreram influência quanto a origem botânica, sendo o mel de *Mimosa caelsapinifolia* o mel que apresentou os melhores resultados quando comparado ao mel de *Pityrocarpa moniliformis*, apresentou maiores teores de compostos fenólicos, minerais e atividade antioxidante.

Palavras-chave: Polifenóis, Minerais, Capacidade Antioxidante, Mel.

ABSTRACT

Honey is a natural sweetener with several functional properties. Although Brazil has an enormous potential in the production of honey, the per capita consumption of this food in the country is among the lowest in the world, its nutritional composition depends on the characteristics of the plants visited by the *Apis mellifera* bees. The objective of this work was to quantify the bioactive compounds and determine the antioxidant activity and minerals present in 12 samples of floral honeys from *Mimosa caelsapinifolia* and *Pitrocarpa moniliformis* produced by *Apis mellifera* bees in the Piauí caatinga, Northeastern Brazil. The analysis of the total phenolics and flavonoids content was carried out by the spectrophotometric method, the antioxidant activity was verified by the

DPPH and ABTS methods, while the minerals were quantified by ICP-OES. All analyzes were carried out in triplicate, the results were expressed as means and standard deviation, followed by comparison of means by Tukey's t test, and Pearson's correlation was applied to verify the correlation between the botanical origin and the researched variables. It was found that the bioactive compounds analyzed, the antioxidant capacity and the mineral content were influenced by the botanical origin, with *Mimosa caelsapinifolia* honey having the higher levels of phenolic compounds, minerals and antioxidant activity, when compared to *Pityrocarpa moniliformis* honey.

Keywords: Polyphenols, Minerals, Antioxidant Capacity, Honey.

RESUMEN

La miel es un edulcorante natural con varias propiedades funcionales. Si bien Brasil tiene un enorme potencial en la producción de miel, el consumo per cápita de este alimento en el país se encuentra entre los más bajos del mundo, su composición nutricional depende de las características de las plantas visitadas por las abejas *Apis mellifera*. El objetivo de este trabajo fue cuantificar los compuestos bioactivos y determinar la actividad antioxidante y minerales presentes en 12 muestras de mieles florales de *Mimosa caelsapinifolia* y *Pityrocarpa moniliformis* producidas por abejas *Apis mellifera* en la caatinga de Piauí, Nordeste de Brasil. El análisis del contenido de fenólicos y flavonoides totales se realizó mediante el método espectrofotométrico, la actividad antioxidante se verificó mediante los métodos DPPH y ABTS, mientras que los minerales se cuantificaron mediante ICP-OES. Todos los análisis se realizaron por triplicado, los resultados se expresaron como medias y desviación estándar, seguido de la comparación de medias mediante la prueba t de Tukey y se aplicó la correlación de Pearson para verificar la correlación entre el origen botánico y las variables investigadas. Se encontró que los compuestos bioactivos analizados, la capacidad antioxidante y el contenido de minerales estuvieron influenciados por el origen botánico, siendo la miel de *Mimosa caelsapinifolia* la miel que presentó mejores resultados al compararla con la miel de *Pityrocarpa moniliformis*, presentó niveles más altos de compuestos fenólicos, minerales y actividad antioxidante.

Palabras clave: Polifenoles, Minerales, Capacidad Antioxidante, Miel.

1 INTRODUÇÃO

O mel é um dos alimentos mais antigos ligados à alimentação humana (Leocádio; Silva, 2022), é um adoçante natural com propriedades funcionais, como ação antioxidante, propriedades anti-inflamatórias, anti-hipertensivas, ação prebiótica e efeitos probióticos (Lobos *et al*, 2022).

O mel produzido pelas abelhas *Apis mellifera* L. é o mais coletado em todo o mundo, constituído predominantemente por açúcares (e.g. glicose e frutose) e água (95%), além de pequenas contribuições de vitaminas, enzimas, compostos fenólicos e minerais (Kim; Shin; Jang, 2009; Bandeira *et al*, 2018; Dourados *et al*, 2020).

O perfil e a concentração de compostos fenólicos em méis diferem amplamente, tanto entre as diferentes origens botânicas e geográficas a que pertencem o mel, quanto à sua classificação (méis florais ou de melato) (Karabagias *et al*, 2016). Vale ressaltar, que a composição química e a atividade antioxidante do mel podem ser influenciadas por fatores sazonais e ambientais, bem como técnicas de processamento (Lianda *et al*, 2021).

O conteúdo de macro e microminerais no mel varia de 0,04 para méis claros a 0,2% para méis escuros e é influenciado por fatores como a sua origem geográfica, como a composição do solo, condições regionais e mudanças climáticas da área forrageada pelas abelhas; assim, o perfil mineral pode ser usado como um indicador de origem botânica do mel (Santos *et al*, 2008; Alqarni *et al*, 2012; Ito *et al*, 2018).

Diversos minerais já identificados no mel, tais como: cálcio (Ca), cobre (Cu), ferro (Fe), magnésio (Mg), manganês (Mn), potássio (K), sódio (Na), e zinco (Zn), sendo o K, o mineral em maior concentração (Vanhanen *et al*, 2011; Biluca *et al*, 2016; Di bela *et al*, 2021). A concentração desses elementos no mel, também pode ser influenciada por fatores antropogênicos (provocados pelo homem), ocasionando assim, um aumento das concentrações de alguns elementos tóxicos para o organismo humano: Al, Ba, Cd, Cu, Mn, Ni, Pb e Zn (Buldini *et al*, 2001; Oliveira *et al*, 2019).

O Brasil tem posição de destaque na produção de mel, ficando na 11^a colocação no *ranking* mundial, possuindo uma das maiores capacidades de produção de mel orgânico do mundo, com destaque para o Nordeste brasileiro, que apresenta elevada competitividade no mercado mundial de produtos apícolas, sendo o Piauí, o maior estado exportador de mel do Nordeste (IBGE, 2019; Agrostat Brasil, 2021; Vidal, 2021). O diferencial do mel nordestino está na baixa contaminação por pesticidas e por resíduos de antibióticos, além disso, a baixa umidade do ar, dificulta o aparecimento de doenças nas abelhas, dispensando o uso de medicamentos, assim como a diversidade florística da sua vegetação, contribuindo com características únicas para o mel da região (IBGE, 2019;

Vasconcelos *et al*, 2021).

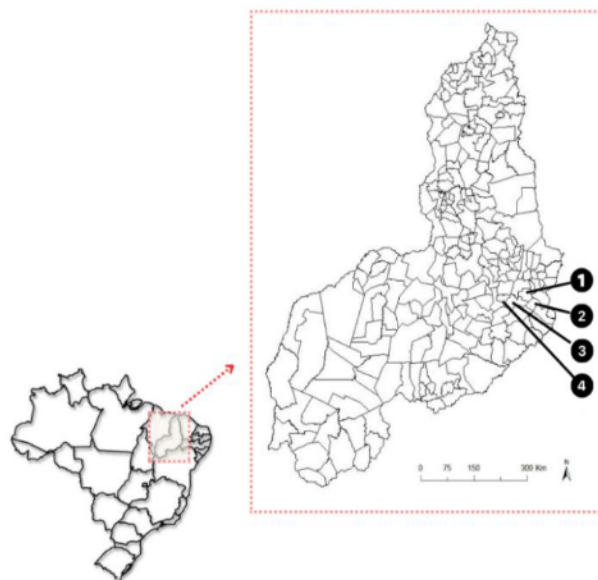
Visto que estudos sobre os compostos bioativos, atividade antioxidante e os elementos minerais no mel produzido por abelhas *Apis mellifera* no Piauí, ainda são escassos, e que esta pesquisa pode contribuir para a disseminação sobre as características nutricionais do mel piauiense, o objetivo desse trabalho foi quantificar os compostos bioativos e determinar a atividade antioxidante e os minerais presentes em 12 amostras de méis florais de *Mimosa caesapinifolia* e *moniliformis* produzido por abelhas *Apis mellifera* na Caatinga piauiense, Nordeste do Brasil.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 AMOSTRAS DE MEL

Um total de 12 amostras de mel de *A. mellifera* L. foram coletadas entre janeiro de 2021 e março de 2022, adquiridas junto às associações de apicultores de 4 municípios da microrregião Alto Médio Canindé: Massapê do Piauí (4 amostras), Vera Mendes (4 amostras), Patos do Piauí (3 amostras) e Caridade do Piauí (1 amostra) (Figua 1).

Figura 1. Mapa da localização da área do estudo



Legenda: Mapa mostrando a posição do estado do Piauí no Brasil (à esquerda); mapa mostrando a mesorregião Sudeste Piauiense (à direita), com ênfase na amostragem dos municípios (IBGE, 2024). 1- Massapê do Piauí (Latitude: 07°27'46" sul; Longitude: 41°07'32" oeste), 2-Caridade do Piauí (Latitude: 07°43'59" sul; Longitude: 40°59'23" oeste), 3-Patos do Piauí (Latitude: 07°40'03" sul; Longitude: 41°14'37" oeste), 4-Vera Mendes (Latitude: 07°36'12" sul; Longitude: 41°28'58" oeste).

Fonte: Figura do autor, 2024

Após a coleta, as amostras foram armazenadas em tubos de plástico tipo pet com capacidade de 50 mL, etiquetadas com a data de coleta e floradas predominantes no entorno do apiário e mantida em temperatura de 30 a 33°C até realização das análises, todas realizadas em triplicata.

As análises melissopalínológicas foram realizadas no Laboratório de Estudos sobre Abelhas e Produtos Apícolas (LEAPI), *campus* Senador Helvídio Nunes de Barros da Universidade Federal do Piauí. Para cada amostra foram preparadas lâminas de mel, em triplicata, a fresco, com gelatina glicerizada pela técnica de Louveaux; Maurizio; Vorwohl (1978). Para a identificação dos tipos polínicos presentes nas lâminas, foi utilizado o *software* ZEN 2.3 SP1 para microscopia, vinculado a uma câmera de captura de imagens (*Axiocam* 105), acoplada ao microscópio óptico (*Zeiss*). Foram realizadas medições dos diâmetros polar e equatorial de até 25 grãos de pólen de cada tipo polínico presente nas amostras, utilizando-se a ampliação de 400x (0.65). Dessa maneira, foi possível estabelecer a forma e o tamanho dos grãos de pólen, o que permitiu a

identificação dos tipos polínicos (família, gênero ou quando possível, espécie botânica) por meio da comparação com o material depositado e descrito na palinoteca do Grupo de Estudos sobre Abelhas do Semiárido Piauiense (GEASPI/UFPI) e na Rede de Catálogos Polínicos Online (RCPol).

Para a análise da predominância dos tipos polínicos, foram contados todos os grãos presentes nas amostras que foram distribuídos quantitativamente nas categorias propostas por Louveaux, Maurizio e Vorwohl (1978): pólen dominante (PD: > 45% do total de grãos), pólen acessório (PA: 16 a 45%), pólen isolado importante (PII: 3 a 15%) e pólen isolado ocasional (PIO: < 3%). (Tabela 1).

Tabela 1. Amostras de mel analisadas nesse trabalho.

Código	Localidade	Coleta	Origem botânica (% pólen)
M - 7	Patos do Piauí	jan /21	<i>Mimosa caelsapinifolia</i> 87,5%
M - 8	Patos do Piauí	jan /21	<i>Mimosa caelsapinifolia</i> 100%
M - 9	Patos do Piauí	mar /21	<i>Mimosa caelsapinifolia</i> 93%
M - 11	Caridade	mar /21	<i>Mimosa caelsapinifolia</i> 100%
P - 14	Massapê	jan /21	<i>Pityrocarpa moniliformis</i> 100%
P - 21	Massapê	mar /21	<i>Pityrocarpa moniliformis</i> 76,92%
P - 25	Massapê	mar /21	<i>Pityrocarpa moniliformis</i>
P - 31	Massapê	mar /21	<i>Pityrocarpa moniliformis</i> 69,79%
P - 1.22	Vera Mendes	fev.mar/22	<i>Pityrocarpa moniliformis</i> 40,2%
P - 2.22	Vera Mendes	fev.mar/22	<i>Pityrocarpa moniliformis</i> 53,5%
P - 3.22	Vera Mendes	fev.mar/22	<i>Pityrocarpa moniliformis</i> 59,6%
P - 4.22	Vera Mendes	fev.mar/22	<i>Pityrocarpa moniliformis</i> 80%

Fonte: Próprio Autor, 2024

2.2 PREPARO DAS AMOSTRAS

As análises dos compostos bioativos e da atividade antioxidante foram realizadas no Laboratório de Bromatologia e Bioquímica de Alimentos (Labrom), *campus* Ministro Petrônio Portelas da Universidade Federal do Piauí. Para realização dessas análises, elaborou-se um extrato de mel foi obtido segundo a metodologia adaptada de Ramalho (2018), resumidamente: 10g de mel foi diluído em etanol 70% sob agitação em Vortex por 30 minutos, seguido da filtração através de um filtro de papel qualitativo e posterior centrifugação à 3600 rpm por 10 minutos. Então, o sobrenadante foi recolhido em tubos tipo falcon envolto com papel alumínio e armazenado em temperatura de refrigeração (6° C) até o momento das análises. A análise foi realizada no Laboratório de Química, Centro

de Ciência e Qualidade de Alimentos (CCQA) do Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL) em Campinas, São Paulo. Para as determinações dos minerais, 2,5g de cada amostra foram aquecidas em chapa de aquecimento e incineradas em mufla por 10 h a 450°C. Após resfriadas, as cinzas foram umedecidas com água purificada por osmose reversa e em seguida o conteúdo da cápsula foi transferido para um balão volumétrico de 25 mL adicionando-se 1,25 mL de ácido clorídrico 37 % e completando o volume com água purificada. Todos os ensaios foram realizados em triplicata analítica.

2.3 DETERMINAÇÃO DOS COMPOSTOS BIOATIVOS

A análise do TFT (teor de fenólicos totais) foi realizada pelo método espectrofotométrico utilizando o reagente de *Folin-Ciocalteu*, conforme descrito por Singleton, Rossi (1965). A quantificação dos fenólicos foi feita pela interpolação das absorbâncias em uma curva padrão de ácido gálico ($25-500\mu\text{g.L}^{-1}$; $y = 1072,07667598348x - 16,57836552500950$ $R^2 = 0,996420$) construída previamente e os valores expressos em mg de equivalente ácido gálico por 100g de peso fresco (mgGAE/100g). A determinação de TTF (teor total de flavonoides) foi realizada conforme o método descrito por Kim, Jeong, Lee (2003) e modificado por Blasa *et al*, (2006), a absorbância da solução final foi medida no comprimento de onda 765 nm no espectrofotômetro UV-VIS (1102, BEL, Monza, Milão, Itália). A quantificação dos flavonoides foi feita pela interpolação das absorbâncias em uma curva padrão de quercetina ($25-500\mu\text{g.L}^{-1}$; $y = 434,546357821524x + 32,703533503074$, $R^2 = 0,9969633242$) construída previamente e os resultados expressos em mg equivalentes a quercetina por 100 g do produto (mg EQ/100g).

2.4 DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE ANTIOXIDANTE

O ensaio de DPPH (2,2-Difenil-1-picrilhidraliza) foi realizado conforme o método de descrito por Brand-Williams, Cuperlier, Berset (1995), utilizando o extrato etanólico do mel ($0,2\mu\text{g.mL}^{-1}$). A leitura da absorbância foi realizada a 517 nm e os resultados

foram expressos $\mu\text{mol Trolox equivalent antioxidant capacity}$ (TEAC) por 100g de mel, de acordo com a equação ajustada da curva padrão baseada no antioxidante sintético Trolox (25 a 500 $\mu\text{g.L}^{-1}$ Trolox; R^2 : 0,9990489). A atividade antioxidante pelo método ABTS (Ácido 2,2-azino-bis(3-etilbenzotiazolin)-6-sulfônico), foi conduzida segundo o método descrito por Re *et al*, (1999), com resultados expresso em $\mu\text{mol TEAC}/100\text{g}$ da amostra.

2.5 ANÁLISE ICP-OES (NA, K, CA, FE, CU, MG, MN, ZN E P)

A quantificação dos elementos inorgânicos foi baseada na AOAC (2012), Official Methods 985.35 e 984.27, utilizando um espectrômetro de emissão em plasma com acoplamento indutivo (ICP OES 5100 VDV, Agilent Technologies, Tóquio, Japão) equipado com uma fonte de radiofrequência (RF) de 27 MHz usando um detector óptico simultâneo, uma bomba peristáltica, uma câmara de nebulização ciclônica de duplo passo, uma tocha de quartzo de 1,8 mm e um nebulizador tipo *seaspray*. A visão axial foi utilizada para Mn e Zn, enquanto a visão radial foi usada para Ca, P, Mg, K e Na. O sistema utilizou como gás do plasma o argônio líquido com pureza (Air Liquide, São Paulo, Brasil).

As condições otimizadas de operação do ICP OES foram: potência do plasma, 1,20kW; vazão de argônio, 12,0L min^{-1} ; vazão de argônio auxiliar, 1,0 L min^{-1} ; vazão de nebulização, 0,7 L min^{-1} ; número de replicatas, 3; tempo de estabilização e de leitura, 14 s e comprimentos de onda, Ca (317,933 nm); Cu (324,754 nm); Fe (259,940 nm); P (213,618 nm); Mg (279,553 nm); Mn (257,610 nm); K (766,491 nm); Na (589,592 nm) e Zn (206,200 nm). As curvas analíticas para os minerais foram preparadas a partir de diluições de padrões analíticos de 10 mg/100mL (Specsol - Quimlab, Jacareí, Brasil) e de 1000 mg/100mL (Titrisol - Merck, Darmstadt, Alemanha) nas faixas de 0,041 a 41,0 mg/100mL para Ca e Na; 0,062 a 62,0 mg/100mL para P; 0,015 a 14,5 mg/100mL para Mg; 0,061 a 61,0 mg/100mL para K e 0,001 a 1,0 mg/100mL para Cu, Fe, Mn e Zn, com coeficiente de correlação (r) superior a 0,9999.

2.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados são expressos como médias $\pm$ desvio-padrão ($n=3$) (Andrade, 2010), seguido pela comparação de médias pelo teste de t de *Tukey*, ao nível de 5% ($p \leq 0,05$), intervalo de confiança de 95%. O teste de Correlação de *Pearson* foi aplicado para verificar a correlação entre a origem botânica e as outras variáveis pesquisadas (compostos bioativos e atividade antioxidante e minerais).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Doze extratos das amostras de meis florais de *Mimosa caelsapinifolia* e *Pityrocarpa moniliformi* foram testados para avaliar suas propriedades antioxidantes e encontrar a relação do conteúdo de compostos fenólicos totais, conteúdo de flavonoides e atividade antioxidante com origens florais. O mel floral de *Mimosa caelsapinifolia* apresentou uma variação do teor fenólico total (TFT) de $43,11 \pm 3,67$ a $67,39 \pm 2,60$ mgGAE/100g), com diferença estatisticamente significativa entre as amostras; A amostra M-7, apresentou o maior conteúdo desse bioativo ($67,39 \pm 2,60$ mgGAE/100g), resultado acima do obtido por Silva et al., 2020, ao analisarem mel de *Apis mellifera* no Piauí ($62,66 \pm 20,46$ mgEAGg⁻¹). Sobre o conteúdo de flavonoides, a amostra M-11, obteve maiores teores ($30,03 \pm 1,01$ mg EQ/100g) e apresentou, também, a maior capacidade antioxidante pelos dois métodos analisados, DPPH ($126,45 \pm 1,98$ μ mol TE/100g) e ABTS ($152,42 \pm 2,00$ μ mol TEAC/100g) (Tabela 2).

Tabela 2. Análise multivariada entre os resultados dos teores de fenólicos totais e flavonoides totais, ABTS e DPPH, em méis de *Mimosa caesapiniifolia* e *Pityrocarpa moniliformis*.

Amostras	Compostos bioativos		Atividade antioxidante	
	Fenólicos mgGAE/100g	Flavonoides mgEQ/100g	DPPH μmol TE/100g	ABTS μmol TEAC/100g
M - 7	67,39 ± 2,60 ^a	24,39 ± 1,90 ^a	97,92 ± 0,00 ^a	109,24 ± 3,62 ^a
M - 8	43,11 ± 3,67 ^b	22,64 ± 2,23 ^a	67,75 ± 1,83 ^b	78,53 ± 1,83 ^b
M - 9	55,48 ± 1,27 ^c	21,73 ± 0,51 ^{ba}	100,69 ± 6,07 ^{ca}	46,68 ± 3,54 ^c
M - 11	56,52 ± 3,75 ^{dc}	30,03 ± 1,01 ^c	126,45 ± 1,98 ^d	152,42 ± 2,00 ^d
P - 14	36,62 ± 1,30 ^a	31,43 ± 0,53 ^a	118,67 ± 3,60 ^a	97,67 ± 2,10 ^a
P - 21	39,81 ± 2,26 ^b	27,89 ± 0,00 ^b	21,91 ± 0,00 ^b	167,64 ± 2,10 ^b
P - 25	41,86 ± 1,31 ^{cb}	28,27 ± 2,63 ^{cb}	48,01 ± 2,06 ^c	92,16 ± 2,09 ^c
P - 31	90,34 ± 2,24 ^d	21,69 ± 1,38 ^d	73,89 ± 4,11 ^d	57,71 ± 6,24 ^d
P - 1.22	68,43 ± 1,28 ^e	21,04 ± 1,56 ^{edfg}	34,83 ± 2,04 ^e	73,90 ± 4,11 ^e
P - 2.22	41,89 ± 0,00 ^{fc}	22,95 ± 2,73 ^{fd}	18,04 ± 4,03 ^f	86,59 ± 3,53 ^f
P - 3.22	25,33 ± 1,27 ^g	23,00 ± 2,73 ^g	79,21 ± 2,02 ^g	96,78 ± 0,00 ^g
P - 4.22	46,44 ± 3,83 ^h	29,34 ± 6,38 ^h	61,16 ± 2,08 ^h	49,80 ± 2,10 ^h

*Média de três repetições. Letras minúsculas diferentes entre os compostos fenólicos e atividade antioxidante mostram diferença significativa entre às médias. teste *t de Student* $p \leq 0,05$, Intervalo de Confiança de 95%.

Fonte: Próprio Autor, 2024

O mel flora de *Pityrocarpa moniliformis* obteve uma variação de $25,33 \pm 1,27$ a $90,34 \pm 2,24$ mgGAE/100g para os compostos fenólicos, de $21,04 \pm 1,56$ a $31,43 \pm 0,53$ mg EQ/100g para os flavonoides, sendo que a amostra P-14 foi a que obteve a maior atividade antioxidante pelo método DPPH ($118,67 \pm 3,60$ μmol TE/100g), enquanto a amostra P-21, a maior atividade antioxidante pelo método ABTS ($167,64 \pm 2,10$ μmol TEAC/100g).

Tabela 3. Comparação entre os teores dos compostos bioativos e a atividade antioxidante dos méis florais

Amostras	Compostos bioativos		Atividade antioxidante	
	Fenólicos mgGAE/100g	Flavonoides mgEQ/100g	DPPH μmol TE/100g	ABTS μmol TEAC/100g
<i>Mimosa c.</i>	55,63 ± 7,38 ^a	24,70 ± 3,14 ^a	98,20 ± 13,44 ^a	96,71 ± 31,79 ^a
<i>Pityrocarpa m</i>	48,71 ± 18,24 ^b	25,70 ± 4,48 ^a	57,07 ± 28,59 ^b	90,28 ± 27,86 ^b

*Média de três repetições. Letras minúsculas diferentes entre os compostos fenólicos e atividade antioxidante mostram diferença significativa entre as médias das duas origens botânicas. teste *t de Student* $p \leq 0,05$, Intervalo de Confiança de 95%.

Fonte: Próprio Autor, 2024

A Tabela 3 demonstra as médias das variáveis analisadas no presente estudo, para os méis das duas origens florais estudadas. Percebeu-se que o mel floral de *Mimosa caesalpinifolia* apresentou um maior conteúdo de compostos fenólicos quando

comparado ao mel de *Pityrocarpa moniliformis*, $55,63 \pm 7,38$ mgGAE/100g e $48,71 \pm 18,24$ mgGAE/100g, respectivamente ($p < 0,05$). Dados da literatura indicam que os compostos fenólicos presentes no mel de *Mimosa caesalpiniiifolia* proveniente de cidades do Piauí, apresentou conteúdo acima do obtido por Galhardo *et al*, 2021 que avaliaram 67 amostras de méis do Sul do Brasil ($34,83 \pm 13,12$ mgEAGg⁻¹) e similar ao verificado por Nascimento *et al*, 2018, ao avaliarem 28 amostras de méis de eucalipto no Rio Grande do Sul ($66,45 \pm 15,4$ mgGAEg⁻¹).

O conteúdo de flavonoides não diferiu significativamente entre as amostras de *Mimosa caesalpiniiifolia* e *Pityrocarpa moniliformis*, com valores médios de $24,70 \pm 3,14$ mgEQ/100g e $25,70 \pm 4,48$ mgEQ/100g, respectivamente. No Brasil, estudo realizado na região Sul em 50 amostras de méis de *Apis mellifera* apresentaram teores de 22,01 a 60,37 mgEQ g⁻¹ (Risélio *et al*, 2020) e Silva *et al*, (2020) analisaram o conteúdo de flavonoides totais em méis monoflorais no Piauí, obtendo variação de 27,65 - 97,01mgEQ 100g⁻¹ de mel. Os teores observados no presente estudo se assemelham também ao estudo internacional, em que Alvarez-Suarez *et al*, (2017) avaliando o teor total de flavonoides em méis provenientes da Cuba constatou teor médio de $2,68 \pm 0,38$ mgECg⁻¹. Viteri *et al*, (2010), afirmam que a composição nutricional do mel, depende das características das plantas visitadas pelas abelhas *Apis mellifera* e dos compostos bioativos provenientes desses vegetais, assim, cada mel apresenta características únicas, justificando as diferenças encontradas em méis de origens florais diferentes.

A maior capacidade antioxidante foi desempenhada pelo mel da origem botânica *Mimosa caesalpiniiifolia*, quando comparado ao mel de *Pityrocarpa moniliformis* ($p < 0,05$). A atividade antioxidante pelo radical DPPH determinada no mel floral de *Mimosa caesalpiniiifolia* ($98,20 \pm 13,44$ µmol TE/100g) foi acima da descrita por Ribeiro *et al*, 2022 e Galhardo *et al*, 2021, ao analisarem o mel do Paraná, e obtiveram atividade antioxidante pela captura do radical DPPH de 0,09 e 0,12 µmol TE/100g, respectivamente. Bueno-Costa *et al*, 2016 ao determinarem a atividade antioxidante do mel do Sul do Brasil, entraram variação de 2,48 a 17,21 mgEAQ/100g.

A atividade antioxidante pelo método DPPH obteve resultado similar ao determinado usando o radical ABTS ($96,71 \pm 31,79$ µmol TE/100g). Lira *et al*, 2014, ao

analisarem méis florais de cidades do Sudeste brasileiro determinaram capacidade antioxidante de 140,04 $\mu\text{mol TE}$ para cada 100g de mel, no entanto, essa atividade antioxidante na pesquisa de Galhardo et al., 2021, foi de apenas 1,01 $\mu\text{mol TE}/100\text{g}$. Estudos mostram que méis de uma mesma região podem apresentar características nutricionais distintas, especialmente o conteúdo de substâncias bioativas e consequentemente sua capacidade antioxidante, visto que tais propriedades dependem da fonte floral utilizada pelas abelhas para coletar o néctar, assim como também fatores ambientais e sazonais (Sant'Ana et al, 2012; Biesaga; Pyrzynska, 2013; Salgueiro et al, 2014;).

Tabela 4. Matriz de correlação entre os resultados dos teores dos compostos bioativos e a capacidade antioxidante de méis florais de *Mimosa caesalpinifolia*.

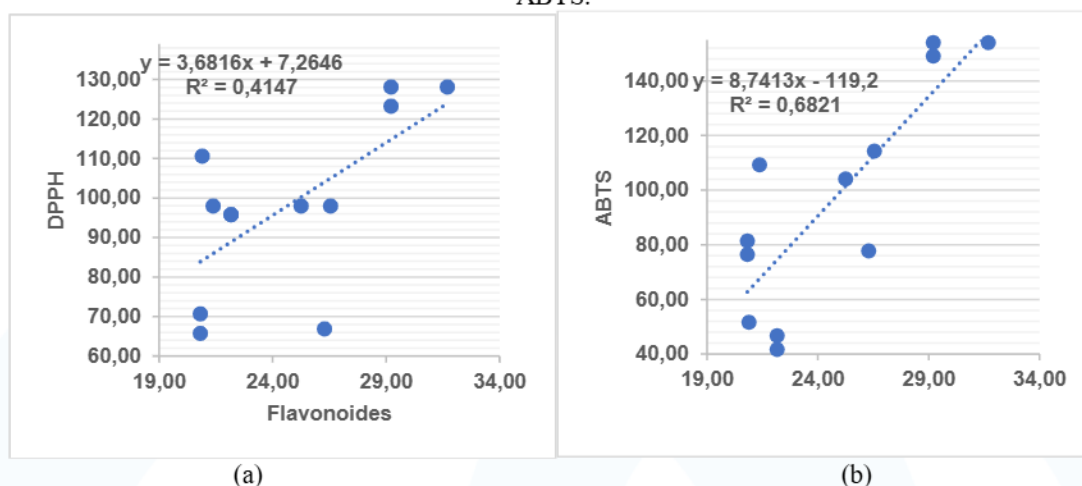
Variáveis	TFT	TTF	DPPH	ABTS
TFT	1	-	-	-
TTF	0,320	1	-	-
DPPH	0,520	0,644	1	-
ABTS	0,315	0,825	0,611	1

Classificação de correlação: 0,0 < 0,1 (nula); 0,1 < 0,3 (fraca); 0,3 < 0,6 (moderada); 0,6 < 0,9 (forte); 0,9 < 1 (muito forte); r = 1 (perfeita)

Fonte: Próprio Autor, 2024

Com base na matriz de correlação exposta na Tabela 4, cada coeficiente foi considerado para estabelecer a correlação entre os diferentes pares do ensaio. Pode-se perceber uma correlação forte entre o teor de flavonoides e a atividade pelo DPPH ($R^2=0,644$) e pelo ABTS ($R^2=0,825$) para os méis florais de *Mimosa caesalpinifolia*, o que pode ser confirmado pelos gráficos de correlação linear demonstrados na Figura 2, sugerindo então, que no mel, os flavonoides são os principais componentes responsáveis pelos seus efeitos antioxidantes e corroborando com a literatura, que expõe que os flavonoides se destacam como os principais componentes funcionais desse alimento e que esses compostos bioativos contribuem significativamente para a atividade antioxidante total do mel, trazendo efeitos benéficos para a saúde humana (Suarez et al, 2010; Silva et al, 2020).

Figura 2. Correlação linear para amostras de méis de *Mimosa caesalpinifolia*: (a) TTF e DPPH (b) TTF e ABTS.



Fonte: Próprio Autor, 2024

Tabela 5. Matriz de correlação entre os resultados dos teores dos compostos bioativos e a capacidade antioxidante de méis florais de *Pityrocarpa moniliformis*.

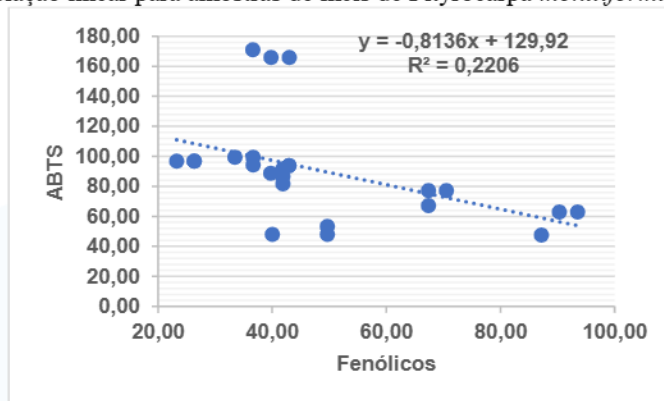
Variáveis	Fenólicos totais	Flavonoides totais	DPPH	ABTS
Fenólicos	1	-	-	-
Flavonoides	0,352	1	-	-
DPPH	0,090	0,296	1	-
ABTS	0,469	0,197	0,275	1

Classificação de correlação: 0,0 < 0,1 (nula); 0,1 < 0,3 (fraca); 0,3 < 0,6 (moderada); 0,6 < 0,9 (forte); 0,9 < 1 (muito forte); r = 1 (perfeita)

Fonte: próprio autor, 2024

Diferentemente do mel de *Mimosa caesalpinifolia*, a matriz de correlação para o mel de *Pityrocarpa moniliformis*, exposta na Tabela 5, demonstra que para essa origem floral, houve uma correlação moderada entre os compostos fenólicos e a atividade antioxidante pelo ABTS ($R^2 = 0,469$) o que pode ser confirmado pelo gráfico de correlação linear demonstrados na Figura 3.

Figura 3. Correlação linear para amostras de méis de *Pityrocarpa moniliformis*: TFT e ABTS.



Fonte: Próprio Autor, 2024

O conteúdo de minerais presentes nas amostras de méis analisados, estão expostos na Tabela 6. O elemento mineral mais abundante no mel floral de *Mimosa caesalpinifolia* e no mel de *Pityrocarpa moniliformis*, foi o K, com teores de $35,50 \pm 0,00$ mg/100g e $27,10 \pm 0,40$ mg/100g, respectivamente. Dado esse, em conformidade com a literatura, visto que diversos autores também identificaram que o K era o mineral presente em maior quantidade nos méis analisado (Vanhanen *et al*, 2011; Liberato *et al*, 2013; Biluca *et al*, 2016; Bergamo *et al*, 2018; Ito *et al*, 2018; Di bela *et al*, 2021).

Tabela 6. Conteúdo mineral no mel floral de florais de *Mimosa caesalpinifolia* e *Pityrocarpa moniliformis* e percentual de cobertura das DRIs.

Minerais	DRI* (mg)	<i>Mimosa caesalpinifolia</i>		<i>Pityrocarpa moniliformis</i>	
		mg/100g (média±DP)	% DRI	mg/100g (média±DP)	% DRI
Ca	800	$2,52 \pm 0,02$	0,31	$2,33 \pm 0,02$	0,29
P	500	$3,73 \pm 0,00$	0,92	$2,12 \pm 0,05$	0,52
K	3.800	$35,50 \pm 0,00$	0,93	$27,10 \pm 0,40$	0,71
Na	1.200	$1,61 \pm 0,00$	0,13	$1,33 \pm 0,01$	0,11
Mg	130	$1,90 \pm 0,01$	1,72	$1,51 \pm 0,02$	1,37
Fe	10	$0,06 \pm 0,00$	0,92	$0,02 \pm 0,00$	0,39
Cu	0,44	$0,04 \pm 0,00$	11,03	$0,04 \pm 0,00$	11,03
Zn	5	$0,04 \pm 0,00$	1,10	$0,03 \pm 0,00$	0,71
Mn	1,5	$0,15 \pm 0,00$	10,20	$0,11 \pm 0,00$	7,13

Média e desvio-padrão de três repetições; *Foi considerada a DRI para crianças de 4-8 anos (Brasil 2006)

Fonte: próprio autor, 2024

O elemento mineral com o segundo maior teor no mel de *Pityrocarpa moniliformis* foi o Ca, com teor médio de $2,33 \pm 0,02$ mg/100g, já para o mel de *Mimosa caesalpinifolia*, o P teve o segundo maior conteúdo mineral verificado nesse mel floral,

resultado divergente da literatura, que preconiza que o após o K, o Ca é o mineral mais prevalente no mel (Liberato *et al*, 2013; Bergamo *et al*, 2018; Ito *et al*, 2018; Oliveira *et al*, 2019). Os minerais em menores concentrações nas amostras de mel floral analisadas foram o Zn, Cu e Fe.

Os minerais podem ser classificados em macrominerais (cálcio, fósforo, potássio, sódio, cloro, magnésio, enxofre) e microminerais ou elementos-traço (ferro, cobre, zinco, cobalto, manganês, iodo, flúor, selênio, crômio, silício); os macrominerais são requeridos pelo organismo em quantidades superiores a 100mg/dia, enquanto, os microminerais a necessidade diária é abaixo desse valor (Hendler, 1994).

A Ingestão adequada (AI) de Ca para crianças de 4-8 anos, é de 800mg/dia; para K é de 3,8g; para Na, é 1,2g e Mn é de 1,5mg, enquanto a Recomendação diária adequada (RDA) é de 500mg para o P em crianças nessa mesma faixa etária; para o Mg é de 130mg, para o Cu é de 440µg, para o Fe é de 10mg, para o Mg é de 130 mg e para o Zn de 5mg/dia (Brasil, 2005).

Segundo Ito *et al.*, 2018, o mel possui um baixo conteúdo de elementos minerais, atingindo no máximo 0,2%, esse valor é totalmente influenciado pela origem botânica das plantas que influenciam a composição química do néctar, justificando a variação encontrada nas amostras analisadas no presente estudo. Fatores climáticos, o tipo de solo, a espécie da abelha, o estado fisiológico da colônia e a maturação do mel também influenciam a composição mineral do mel; méis de coloração mais escura tendem a conter teores mais elevados de minerais do que os méis claros (Ito *et al*, 2018; Oliveira *et al*, 2019; Di bela *et al*, 2021).

Os resultados obtidos neste trabalho contribuem com informações sobre as características nutricionais do mel de *Mimosa caesalpinifolia* e *Pityrocarpa moniliformis*, produzido por abelhas *Apis mellifera* no Piauí, Brasil, possibilitando um maior conhecimento sobre esse alimento, no intuito de incentivar mais pesquisas na área, bem como desenvolver o mercado consumidor interno e a legalização e comercialização do mel piauiense.

4 CONCLUSÃO

Constatou-se que o teor de compostos fenólicos totais, flavonoides totais, atividade antioxidante e conteúdo mineral do mel oriundo do Piauí, sofreram influência quanto a origem botânica. O mel de *Mimosa caelsapinifolia*, quando comparado ao mel de *Pityrocarpa moniliformis*, apresentou teores mais elevados de compostos fenólicos e uma maior atividade antioxidante.

No mel de *Pityrocarpa moniliformis*, encontrou-se o Ca como o segundo mineral mais prevalente, resultado discordante da literatura, que preconiza o P como o mineral presente em maior quantidade no mel, depois do K, nesse sentido, o mel de *Mimosa caelsapinifolia* apresentou resultado semelhante a literatura.

Concluiu-se que as características do Bioma Caatinga influenciaram no teor de compostos fenólicos, nos teores de minerais e na atividade antioxidante presentes no mel. Dessa maneira, essas características representam diferenciais ao mel regional e podem consistir em avanços para a valorização do produto piauiense.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq (Edital 01/2016 Universal, Processo Nº 431314/2016-0) e à Universidade Federal do Piauí - UFPI, por meio do Edital Nº 05/2022 – PRPG/UFPI, pelos suportes financeiros concedidos.

REFERÊNCIAS

AGROSTAT Brasil, <https://indicadores.agricultura.gov.br/agrostat/index.htm>, acesso em 06 de maio de 2021.

ALQARNI, A. S.; OWAYSS, A. A.; MAHMOUD, A. A.; HANNAN, M. A. Mineral content and physical properties of local and imported honeys in Saudi Arabia. **Journal of Saudi Chemical Society**, v.18, n.5, p.618–625, 2014. DOI:[10.1016/j.jscs.2012.11.009](https://doi.org/10.1016/j.jscs.2012.11.009)

ALVAREZ-SUAREZ, J. M.; GIAMPIERI, F.; GONZÁLES-PARAMÁS, A.M.; DAMIANI, C.; ASTOLFI, P.; BATTINO, M. Phenolics from monofloral honeys protect human erythrocyte membranes against oxidative damage. **Food and Chemical Toxicology**, v.50, n.5, p.1508–1516, 2012. doi:[10.1016/j.fct.2012.01.042](https://doi.org/10.1016/j.fct.2012.01.042)

ANDRADE, P.; FERRERES, F.E.; AMARAL, M.T. Analysis of honey phenolic acids by HPLC, its application to honey botanical characterization. **Journal of Liquid Chromatography and Related Technologies**, v.20, 1997. DOI:[10.1016/j.fct.2012.01.042](https://doi.org/10.1016/j.fct.2012.01.042)

BANDEIRA, A. M. P.; GOMES, V. V.; VASCONCELOS A. A.; TAUBE, P. S.; BARROS, E. C. DE.; COSTA, S. C.; ROCHA, J. B. T. Antioxidant activity and physicochemical characteristics of honeys from the eastern Amazon region, Brazil. **Acta Amazonica**, v.48, n.2, p.158-167, 2018. DOI:[10.1590/1809-4392201702721](https://doi.org/10.1590/1809-4392201702721)

BERGAMO, G.; SERAGLIO, S. K. T.; GONZAGA, L. V.; FETT, R.; COSTA, A. C. O. Physicochemical characteristics of bracatinga honeydew honey and blossom honey produced in the state of Santa Catarina: An approach to honey differentiation. **Food Research International**, v. 116, p. 745–754, 2019. doi:[10.1016/j.foodres.2018.09.007](https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.09.007)

BIESAGA, M.; PYRZYNSKA, K. Stability of bioactive polyphenols from honey during different extraction methods. **Food Chemistry**. v. 136, p. 46–54, 2013. doi:[10.1016/j.foodchem.2012.07.095](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.07.095)

BILUCA, F. C.; BRAGHINI, F.; GONZAGA, L. V., COSTA, A. C. O; FETT, R. Physicochemical profiles, minerals and bioactive compounds of stingless bee honey (Meliponinae). **Journal of Food Composition and Analysis**, 50, 61–69, 2016. doi:[10.1016/j.jfca.2016.05.007](https://doi.org/10.1016/j.jfca.2016.05.007)

BLASA, M., CANDIRACCI, M., ACCORSI, A., PIACENTINI, M. P.; PIATTI, E. Honey flavonoids as protection agents against oxidative damage to human red blood cells. **Food Chemistry**, v.104, p.1635e1640, 2007. doi:[10.1016/j.foodchem.2007.03.014](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.03.014)

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie**, v.28, n.1, p.25-30, 1995. [doi:10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5)

BUENO-COSTA, F. M., ZAMBAZI, R. C., BOHMER, B. W., CHAVES, F.C.; DUTRA, I. Antibacterial and antioxidant activity of honeys from the state of Rio Grande do Sul, Brazil. **LWT - Food Science and Technology**, v.65, p.333e340, 2016. [doi:10.1016/j.lwt.2015.08.018](https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.08.018)

BULDINI, P. L., CAVALLI, S., MEVOLI, A.; SHARMA, J. L. Ion chromatographic and voltammetric determination of heavy and transition metals in honey. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 73, p.487-495, 2001. [doi:10.1016/S0308-8146\(01\)00132-7](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(01)00132-7)

DI BELLA, G.; LO TURCO, VICENZO.; PORTOTI, A. G.; BUA, G. D.; FEDE, M. R.; DUGO, G. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.44, p.25, 2021

DOURADO, G. S.; CARDOSO, J. S. A.; CARDOSO, I. F.; LIMA, A. K. O.; DA SILVA, S. K. R.; TAUBE, P. S. Avaliação da Capacidade Antimicrobiana de Nanopartículas de Prata Sintetizadas com Mel de Abelha. **Ensaio**, v. 24, n. 3, p. 305-309, 2020. [doi:10.17921/1415-6938.2020v24n3p305-309](https://doi.org/10.17921/1415-6938.2020v24n3p305-309)

GALHARDO, D.; GARCIA, R. C.; SCHNEIDER, C. R.; BRAGA, G. C.; STRÖHER, A. M. Physicochemical, bioactive properties and antioxidant of *Apis mellifera* L. honey from western Paraná, Southern Brazil. **Food Science and Technology** [online]. v. 41, n.1, 2021. [doi:10.1590/fst.11720](https://doi.org/10.1590/fst.11720)

HENDLER, S. S. **A Enciclopédia de vitaminas e minerais**. 7. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1994. 576 p.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. (2021). **Produção Pecuária Municipal**. Recuperado de: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ppm/quadros/brasil/2021>

ITO, E. H., ARAÚJO, W. L. L., SHINOHARA, A. J., BARROS, D. C. B., CAMILI, M. P.; ORSI, R. O. Características físico-química dos méis de abelhas *apis mellifera* produzidos na região do polo cuesta, São Paulo, Brasil. **Bol. Ind. Anim., Nova Odessa**, v.75, p.1-9, 2018. DOI:[10.17523/bia.2018.v75.e1429](https://doi.org/10.17523/bia.2018.v75.e1429)

KARABAGIAS, I. K. **Acta Scientific Nutritional Health**, 15, 2016.
KIM, G.; SHIN, J.; JANG, H. Antioxidant and antidiabetic activity of Dangyuja (*Citrus grandis* Osbeck) extract treated with *Aspergillus saitoi*. **Food Chemistry**, v. 117, p. 35-41, 2009. [doi:10.1016/j.foodchem.2009.03.072](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.03.072)

LEOCÁDIO, C. DE S.; SILVA, A. M. Conhecimento tradicional do uso medicinal do mel de abelha em Parintins e Boa Vista do Ramos, estado do Amazonas. **Revista do**

Centro de Estudos Superiores de Parintins. v.7, n.9, p.52 – 64, 2022.

Doi:10.1590/fst.11720

LIANDA, R. L. P.; SANT'ANA, L. DI D'O.; ESCHEVARRIA, A.; CASTRO, R.N. Antioxidant Activity and Phenolic Composition of Brazilian Honeys and their Extracts.

J. Braz. Chem. Soc., v.23, n.4, 618-627, 2012. doi:10.1590/S0103-50532012000400006

LIRA, A. F.; SOUSA, J. P. L. DE M., VIANA, C. A. F. J; CASTRO, R. N. Estudo comparativo do mel de *apis mellifera* com méis de meliponíneos. **Acta Veterinaria Brasilica**, v.8, n.3, p.169-178, 2014. doi:10.21708/avb.2014.8.3.3560

LIBERATO, M. C. T. C.; MORAIS, S. M.; MAGALHÃES, C. E. C.; MAGALHÃES, I. L.; CAVALCANTI, D. B.; SILVA, M. M. O. Physicochemical properties and mineral and protein content of honey samples from Ceará State, Northeastern Brazil. **Food Science and Technology**, v.33, p.38-46, 2013. doi:10.1590/S0101-20612013005000028

LOBOS, I.; SILVA, M.; ULLOA, P.; PAVEZ, P. Mineral and Botanical Composition of Honey Produced in Chile's Central-Southern Region. **Foods**, v.11, p.251, 2022. doi: 10.3390/foods11030251

NASCIMENTO, K. S. DO; SATTTLER, J. A. G.; MACEDO, L. F. L.; GONZÁLEZ, C. V. E.; ALMEIDA-MURADIAN, L. B.de. Phenolic compounds, antioxidant capacity and physicochemical properties of Brazilian *Apis mellifera* honeys. **LWT - Food Science and Technology**, v. 91, p. 85–94, 2018. doi:10.1016/j.lwt.2018.01.016

OLIVEIRA, S. S.; ALVES, C. N.; MORTE, E. S. B., JÚNIOR, A. DE F. S.; ARAÚJO, R. G. O.; SANTOS, D. C. M. B. Determination of essential and potentially toxic elements and their estimation of bioaccessibility in honeys. **Microchemical Journal**, v.151, p.104221, 2019. doi:10.1016/j.microc.2019.104221

RAMALHO, W. C. **Análise físico-química, atividade antioxidante e determinação de compostos fenólicos do mel e do pólen apícola da abelha *apis mellifera* comercializados no sertão paraibano.** Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-graduação em Sistemas Agroindustriais, da Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, 2018.

RIBEIRO, R de J. *et al* Physicochemical characterization, bioactive compounds and antioxidant activity of *apis mellifera* honey from western paraná state, brazil. **Acta Brasiliensis**, v.6, n.3, p.95-100, 2022.

SALGUEIRO, F. B., LIRA, A. F., RUMJANEK, V. M.; CASTRO, R. N. Phenolic composition and antioxidant properties of Brazilian honeys. **Química Nova**, v.37, n.5, p.821-826, 2014. doi:10.5935/0100-4042.20140132

SANT'ANA, L. D.; SOUSA, J. P. L. M.; SALGUEIRO, F. B.; LORENZON, M. C. A.; CASTRO, R. N. Characterization of monofloral honeys with multivariate analysis of their chemical profile and antioxidant activity. **Journal of Food Science**, v.71, n.1, p.C135–C140, 2012. DOI: [10.1111/j.1750-3841.2011.02490.x](https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02490.x)

SANTOS, J. S. DOS; SANTOS, N. S. DOS; SANTOS, M. S. P. DOS; SANTOS, S. N. DOS; LACERDA, J. J. DE J. Honey classification from semi-arid, atlantic and transitional forest zones in Bahia, Brazil. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, São Paulo, v.19, n.3, p.502-508, 2008. [doi:10.1590/S0103-50532008000300018](https://doi.org/10.1590/S0103-50532008000300018)

SILVA S. M. P. C.; ANDRADE, W. C.; NASCIMENTO, A. S.; SANTOS, P. C.; CARVALHO C. A. L. Compostos bioativos e potencial antioxidante do mel produzido por abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) no Piauí. **Scientific Electronic Archives**, v.13, n.9, p.10-18. [doi:10.36560/13920201061](https://doi.org/10.36560/13920201061)

VANHANEN, L. P.; EMMERTZ, A.; SAVAGE, G. P. Mineral analysis of mono-floral New Zealand honey. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 128, p. 236-240, 2011. [doi:10.1016/j.foodchem.2011.02.064](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.02.064)

VASCONCELOS, E. C. G; SILVA, V. L.; BENDINI, J. DO N.; COSTA, J. B.; CARVALHO, D. N. Diversidade florística de espécies com potencial apícola no município de Cocal, região norte do Piauí. **Brazilian Journal of Agroecology and Sustainability**, v2, n.1., p. 83-98, 2021. DOI:[10.52719/bjas.v3i1.3955](https://doi.org/10.52719/bjas.v3i1.3955)

VIDAL, M DE F. Mel Natural: Cenário Mundial E Situação da Produção na Área de Atuação do BNB, **Caderno setorial ETENE**, v.6, n.157, p.1-10, 2021.