



Compostos fenólicos totais e atividade antioxidante de méis brasileiros: uma revisão

Luciléia Raise Gerhardt¹; Mirian Cristina Feiten²; Andressa Gilioli¹

¹Instituto Federal Catarinense

²Universidade Estadual de Maringá

Palavras-chave

Mel;

CFT;

Antioxidantes

Keywords

Honey;

TPC;

Antioxidants

Resumo: O mel é caracterizado por sua composição complexa, que varia com a origem da matéria-prima, tais como néctar ou melada, as espécies de abelhas, as condições climáticas, a fonte floral disponível e as condições de armazenamento. Consiste, principalmente, de glicose e frutose, mas também contém aminoácidos, compostos fenólicos, ácidos orgânicos, vitaminas, minerais, lipídios, enzimas e outros fitoquímicos. Assim, o objetivo desse trabalho foi, através de uma revisão da literatura, apresentar informações relevantes sobre a atividade antioxidante de méis brasileiros, avaliada através de diferentes métodos, tais como: radical livre DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazil), ABTS (2,2-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico)) e FRAP (método de redução do ferro). Utilizou-se para a pesquisa bibliográfica os websites *Science Direct*, *Web of Science*, SciELO e o Portal de Periódicos da CAPES. A análise dos artigos indicou que a atividade antioxidante das amostras de mel varia consideravelmente dependendo da florada de origem, da espécie produtora, e das condições geográficas e ambientais. Ainda, as maiores atividades antioxidantes foram observadas para as amostras que apresentaram os maiores teores de compostos fenólicos totais (CFT).

Abstract: Honey is characterized by its complex composition, which varies with the raw material origin, such as nectar or honeydew, the bee species, the climatic conditions, the available floral source, and storage conditions. It consists, primarily, of glucose and fructose, but also contains amino acids, phenolic compounds, organic acids, vitamins, minerals, lipids, enzymes, and other phytochemicals. Thus, the objective of this work was, through a literature review, to present relevant information about the antioxidant activity of Brazilian honey, evaluated through different methods, such as: free radical DPPH (2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazyl), ABTS (2,2-azinobis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)), and FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power). The websites *Science Direct*, *Web of Science*, SciELO, and the CAPES Periodicals Portal were used for the bibliographic research. The analysis of the articles indicated that the antioxidant activity of the honey samples varies considerably depending on the flowering of origin, the producing species, and the geographic and environmental conditions. Also, the highest antioxidant activities were observed for the samples that presented the highest levels of total phenolic compounds (TPC).



Introdução

O mel é um alimento de elevado valor energético, consumido mundialmente e de extrema importância para a saúde humana por apresentar diversas propriedades biológicas associadas, tais como: antimicrobiana, curativa, calmante, cicatrizante e estimulante. Ainda, é um importante alimento devido às suas enzimas, vitaminas e a presença de minerais como selênio, manganês, zinco, cromo e alumínio (SILVA et al., 2013a; BERGAMO et al., 2018).

Vários estudos mostram que os efeitos curativos do mel são relacionados com sua atividade antibacteriana, antiviral, anti-inflamatória e antioxidante (Mărgăoan et al., 2021; Nikhat; Fazil, 2022). É também declarado como calmante quando aplicado em feridas e queimaduras, e seu efeito curativo inclui a redução da dor (TEYSSIER, 2019).

O mel é fonte de antioxidantes naturais, que desempenham importante papel na preservação dos alimentos e na manutenção da saúde, reduzindo o risco de doenças cardíacas, câncer, cataratas, declínio do sistema imunológico, lesões gástricas e diversos processos inflamatórios (FERNANDES, 2017; Džugan et al., 2018; SERAGLIO et al., 2021).

O potencial antioxidante do mel vem de vários componentes, incluindo ácidos fenólicos, flavonoides, enzimas (catalase, glicose oxidase), vitaminas, ácidos orgânicos e produtos da reação de Maillard que estão presentes no mel cru (LARSEN; AHMED, 2022). Os perfis fenólicos dos méis e, conseqüentemente, sua capacidade antioxidante dependem das fontes florais visitadas pela abelha (SILVA et al., 2013a; 2013b).

A atividade antioxidante do mel está definida como a sua capacidade e o seu potencial em reduzir as reações oxidativas nos sistemas alimentares e no organismo humano. Os métodos mais utilizados para mensurar atividade antioxidante são o do radical ABTS (2,2-azino-bis(3-etilbenzoatiazolina-6-ácido sulfônico)) e do DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazina), além do método de redução do ferro (FRAP) (TIVERON, 2010). O método de inibição de radical DPPH se baseia na transferência de elétrons de um composto antioxidante para um oxidante. Já o radical ABTS é gerado por meio da reação química, eletroquímica ou enzimática. Com este método pode-se medir a atividade antioxidante de compostos tanto de natureza hidrofílica quanto lipofílica. Finalmente, o FRAP também se baseia em reações de transferência de elétrons: quando há presença de um antioxidante, o ferro presente é reduzido de Fe(III) a Fe(II).

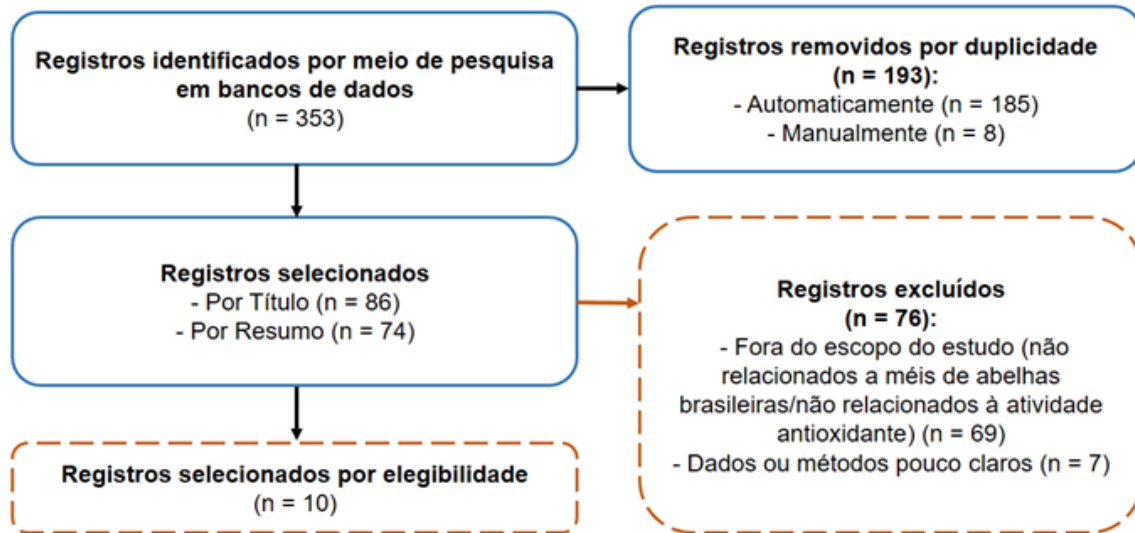
Assim, sendo o mel uma fonte natural de compostos antioxidantes, o presente trabalho teve como objetivo relatar os principais estudos sobre a ação antioxidante do mel de abelhas produzido em diversas regiões do Brasil, caracterizados através dos métodos ABTS, DPPH e FRAP, publicados entre os anos de 2010 e 2023.

Metodologia

Essa pesquisa bibliográfica foi realizada utilizando como bases de busca de dados os websites *Science Direct*, *Web of Science*, *SciELO* e *Google Scholar*, com o propósito de revisar as pesquisas já realizadas sobre a atividade antioxidante de méis brasileiros. Essa busca ocorreu durante os meses de fevereiro e março de 2023, sendo delimitada entre os anos de 2010 a 2023, e foram utilizados os seguintes termos para filtrar as buscas: "honey", "antioxidant activity", "total phenolic compounds", "Brazil", "bees", "mel", "atividade antioxidante", "compostos fenólicos", "Brasil", "abelhas". Dentre as 353 publicações encontradas como resultado da busca, 10 foram selecionados por apresentarem relevância

para a construção do trabalho, ou seja, a atividade antioxidante dos méis produzidos nas regiões brasileiras. Conforme pode ser observado na Figura 1, que mostra o fluxograma dos critérios de busca e seleção da literatura, após a remoção dos artigos duplicados, a seleção dos artigos foi efetuada por meio da leitura dos respectivos títulos e resumos.

Figura 1- Fluxograma de busca e seleção da literatura.



Como critérios de exclusão consideraram-se: títulos e resumos discordantes com o tema ou não relevantes para o objetivo e, ainda, a não pertinência do artigo após leitura completa, por não abranger méis de abelhas brasileiras ou não os relacionar à atividade antioxidante.

Resultados e discussão

Mel

Entende-se por mel o produto alimentício produzido pelas abelhas melíferas, a partir do néctar das flores ou das secreções procedentes de partes vivas das plantas ou de excreções de insetos sugadores de plantas que ficam sobre partes vivas de plantas, que as abelhas recolhem, transformam, combinam com substâncias específicas próprias, armazenam e deixam madurar nos favos da colmeia (BRASIL, 2000).

A produção de mel de abelhas pode ser classificada em duas categorias: meliponicultura e apicultura. A meliponicultura é o manejo de abelhas indígenas sem ferrão (meliponíneos) (NOGUEIRA-NETO, 1997), sendo que no Brasil existem cerca de 300 espécies de abelhas indígenas sem ferrão espalhadas por todo o território nacional (NOGUEIRA-NETO, 1997; LOPES et al., 2019), a maioria delas produtoras de méis de grande aceitação, principalmente nas regiões em que são produzidos (CARVALHO et al., 2005). As espécies de abelhas mais comumente encontradas no Brasil são orá (*Tetragona claviceps*), jataí (*Tetragonisca angustula*), jandaíra (*Melipona subnitida*), mandaçaia (*Melipona quadrifasciata*), mirins (*Plebéia sp*) e urucu nordestina (*Melipona scutellaris*) (LOPES et al., 2019).

A apicultura contempla o manejo de espécies da abelha africanizada *Apis mellifera*. No Brasil, a apicultura vem ganhando espaço como uma atividade rentável, pois apresenta retorno rápido do capital investido, isso devido à grande procura no mercado e ao alto valor

agregado. Devido às características especiais de adaptação, polinização das florestas, cultura e realidade local, as colmeias podem ser inseridas em vegetação natural, plantios florestais, fruticultura, culturas de ciclo curto e ainda podem ser grandes agentes de diversificação da vegetação, pois com seu serviço de polinização contribuem para o aumento da produção agrícola, originando frutos maiores e de maior qualidade (LOPES, 2019). As abelhas mais utilizadas para produção de mel de consumo pertencem ao gênero *Apis*, classificadas em sete espécies diferentes: *A. florea*, *A. andreniformes*, *A. dorsata*, *A. cerana*, *A. mellifera*, *A. laboriosa* e *A. koschevnikov* (LOPES et al., 2019).

O mel é constituído de diferentes açúcares, predominando os monossacarídeos glicose e frutose (LOPES, 2019; LOPES et al., 2019). A concentração desses dois açúcares redutores, segundo Marchini et al. (2004, apud GOIS et al., 2013), varia de 85% a 95% da sua composição. Também, há presença de proteínas, aminoácidos, enzimas, ácidos orgânicos, sais minerais, pólen, além de substâncias, tais como: sacarose, maltose, maltotriose e outros oligossacarídeos. Em pequenas concentrações são encontrados também fungos, algas, leveduras e outras partículas sólidas resultantes do processo de obtenção do mel (CODEX ALIMENTARIUS, 2022).

O mel pode ser classificado quanto à sua origem em mel floral ou mel da seiva das plantas (ESCOBAR; XAVIER, 2013). O mel floral é obtido dos néctares das flores, e ainda pode ser classificado em: mel unifloral ou monofloral (quando o produto procede principalmente da origem de flores de uma mesma família, gênero ou espécie, e possui características sensoriais, físico-químicas e microscópicas próprias), ou mel multifloral ou polifloral (obtido a partir de diferentes origens florais) (BRASIL, 2000).

A coloração, aroma e sabor do mel variam de acordo com a sua origem floral, podendo quase ser incolor (quando tem sua origem de flores como o assa-peixe), âmbar (flores de laranjeiras), escuro (eucalipto, silvestre) e pardo escuro (trigo). De maneira geral, o mel escuro tem mais sais minerais do que o mel claro. Fatores tais como a idade do mel (armazenamento prolongado), temperatura de estocagem (superaquecimento), reações de degradação enzimática, ou contaminação com metais também podem escurecer o mel (SERAGLIO et al., 2021). A viscosidade do mel depende do seu conteúdo de água e está assim ligada à sua densidade relativa; quanto menos água, mais altas a densidade e a viscosidade (OLIVEIRA et al., 2012).

De acordo com Gois et al. (2013), apesar de o mel apresentar diferentes propriedades físico-químicas e características de cor, sabor e aroma, a caracterização regional e o estabelecimento de padrões são de grande importância, considerando a diversidade de flores e a variação climática de cada região.

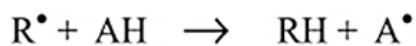
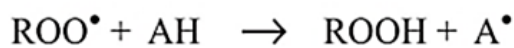
Atividade antioxidante

Os antioxidantes podem ser amplamente definidos como quaisquer substâncias que, presentes em baixas concentrações, quando comparadas à uma substância oxidável, atrasam ou inibem a oxidação desse substrato de maneira eficaz (BANDEIRA et al., 2018; BOULEBD, 2020), ou seja, atuam contra o estresse oxidativo, protegendo moléculas importantes dos danos causados pelos radicais livres (PERÍN et al., 2024). Dessa forma, o uso

de antioxidantes na indústria de alimentos, bem como seus mecanismos de ação, vem sendo amplamente estudados, principalmente, com a finalidade de inibir ou retardar a oxidação lipídica de óleos, gorduras e alimentos gordurosos e a descoloração causada pela luz, calor e alguns metais (PERÍN et al., 2024; PU et al., 2025). A rancidez em alimentos, por exemplo, acarreta a perda da qualidade sensorial e pode formar substâncias potencialmente tóxicas para a saúde humana (DAMODARAN; PARKIN, 2019).

Os antioxidantes podem ser classificados em primários e secundários; alguns exibem mais de um mecanismo de atividade e são mencionados como antioxidantes de múltipla função. Os antioxidantes primários têm a função de sequestro de radicais livres, atrasando ou inibindo a iniciação da propagação da autooxidação através da doação de átomos de hidrogênio a estas moléculas, interrompendo a reação em cadeia (HUANG; OU; PRIOR, 2005; TIVERON, 2010). Os principais antioxidantes primários são os polifenóis, butil-hidroxi-anisol (BHA), butil-hidroxitolueno (BHT), terc-butil-hidroquinona (TBHQ) e propil galato (PG) (BAZINA et al., 2025; PU et al., 2025). A Figura 2 representa o mecanismo de ação dos antioxidantes do tipo primário.

Figura 2 - Mecanismo de ação dos antioxidantes primários.



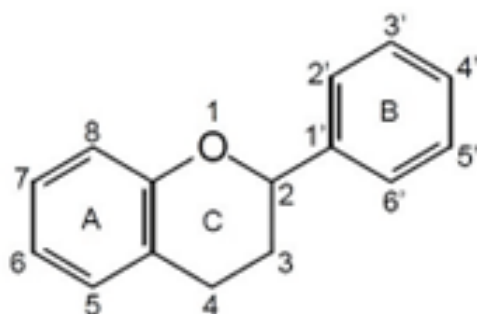
onde: ROO^\bullet e R^\bullet - radicais livres; AH - antioxidante com um átomo de hidrogênio ativo e A^\bullet - radical inerte

Fonte: Ramalho; Jorge (2006).

Já os antioxidantes secundários agem diminuindo a taxa de oxidação por diferentes formas, mas não convertem radicais livres em produtos mais estáveis. Estes antioxidantes são classificados como sinergistas, pelo fato de promoverem a atividade dos antioxidantes primários. Pode-se citar o ácido cítrico, ácido ascórbico e ácido tartárico como bons exemplos de sinergistas (TIVERON, 2010; BOULEBD, 2020).

O mel é uma fonte de compostos antioxidantes que contribuem para reduzir as reações de oxidação, ajudando a diminuir a formação de radicais livres, ou seja, antioxidantes primários em sua maioria. Esta ação ocorre a partir de determinados compostos, tais como: as enzimas catalase, glucose-oxidase e peroxidase; o ácido ascórbico; os aminoácidos e os compostos polifenólicos (MULUGETA; BELAY, 2022).

Os flavonoides e os ácidos fenólicos (derivados de ácido benzóico e cinâmico) constituem a classe mais importante de polifenóis. São compostos de estruturas químicas que apresentam hidroxilas e anéis aromáticos, tanto na forma simples quanto de polímeros, podendo ser sintéticos ou naturais (PEREIRA, 2010). Os flavonoides constituem uma classe muito extensa de compostos naturais. São substâncias aromáticas que contêm 15 átomos de carbono na sua estrutura básica (Figura 3): estrutura de $\text{C}_6\text{-C}_3\text{-C}_6$ onde os dois anéis C_6 são necessariamente aromáticos (anéis A e B), conectados por uma ponte de três carbonos, que geralmente contém um átomo de oxigênio (anel C) (TIVERON, 2010).

Figura 3 - Estrutura de um flavonoide: dois anéis aromáticos A e B, e um anel intermediário C.

Fonte: Tiveron (2010).

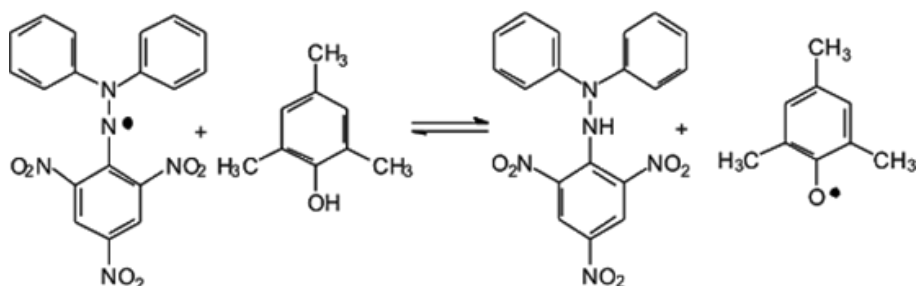
Os ácidos fenólicos são divididos em três grupos. Um deles é o grupo dos ácidos benzoicos (ácido salicílico, ácido p-hidroxibenzoico, ácido vanílico, ácido gálico, entre outros), que possuem sete átomos de carbono (C_6-C_1). O segundo é formado pelos ácidos cinâmicos, que possuem nove átomos de carbono (C_6-C_3), sendo estes os mais comumente encontrados no reino vegetal e, finalmente, as cumarinas são derivadas do ácido cinâmico por ciclização da cadeia lateral do ácido o-cumárico. Os ácidos fenólicos, além de se apresentarem sob sua forma natural, podem também se ligar entre si ou com outros compostos (TIVERON, 2010).

Os méis de variadas floradas exibem grande diferença na capacidade antioxidante, que tem relação com o conteúdo de água e também com a cor dos méis: quanto mais escuro for o mel mais alta a sua capacidade antioxidante. Esta capacidade antioxidante do mel pode variar conforme a região, a origem floral e a composição que, por sua vez, pode variar dependendo do clima (umidade, temperatura) e composição do solo (OLIVEIRA et al., 2012).

Os benefícios à saúde do consumo contínuo de alimentos fontes de antioxidantes e a possível prevenção de certas doenças têm impulsionado um considerável número de métodos de determinação de capacidade antioxidante. Alguns destes métodos têm utilizado diferentes substratos oxidantes: DPPH, ABTS e FRAP (BOULEBD, 2020).

O método DPPH é baseado na captura do radical 2,2-difenil-1-picril-hidrazil por antioxidantes e baseia-se na transferência de elétrons de um composto antioxidante para um oxidante (OLIVEIRA, 2015; LOPES, 2019). O DPPH é um dos mecanismos mais conhecidos e um dos mais utilizados como teste padrão para avaliar a atividade antioxidante de compostos específicos ou extratos. Este radical tem a característica específica de absorver luz em 518 nm (cor púrpura) que, em contato com substâncias sequestradoras (antioxidantes) de radicais livres, passa por descoloramento, através do fornecimento de átomos de hidrogênio ou por doação de elétrons, diminuindo significativamente a absorbância. Portanto, quanto menor a absorbância em 518 nm, maior será a atividade do extrato em sequestrar os radicais de DPPH (SILVA et al., 2013b; 2013c). A Figura 4 mostra a reação do radical DPPH com o antioxidante BHT.

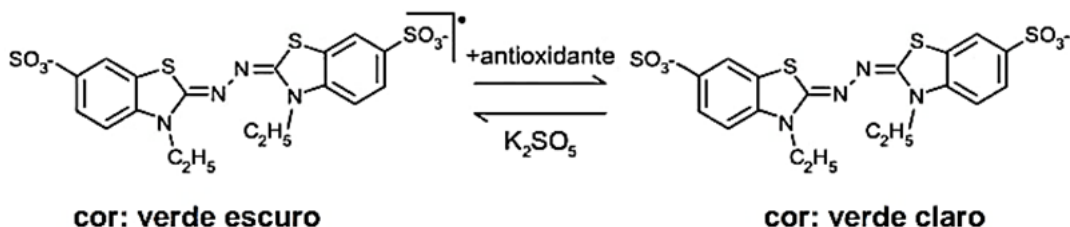
Figura 4 - Reação do radical DPPH com o antioxidante BHT.



Fonte: Tiveron (2010).

O método indireto do sequestro do radical ABTS (2,2-azinobis(3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico) também é muito utilizado. Assim como o DPPH, o ABTS apresenta uma ótima estabilidade em determinadas condições de análise. Estes radicais apresentam algumas diferenças importantes: o radical DPPH já vem pronto para o uso e é solúvel em solventes orgânicos, enquanto o ABTS necessita ser preparado antes por reações químicas (como o persulfato de potássio) ou enzimáticas, e é solúvel tanto em água como em solventes orgânicos. Os resultados são expressos em função do Trolox, um padrão antioxidante submetido às mesmas condições de análises (BOULEBD et al., 2020). Uma das vantagens do método é sua simplicidade e, por isso, permite uma análise rotineira em laboratório, além de apresentar boa absorção e solubilidade (HUANG; OU; PRIOR, 2005; TIVERON, 2010). A Figura 5 mostra a reação do ABTS.

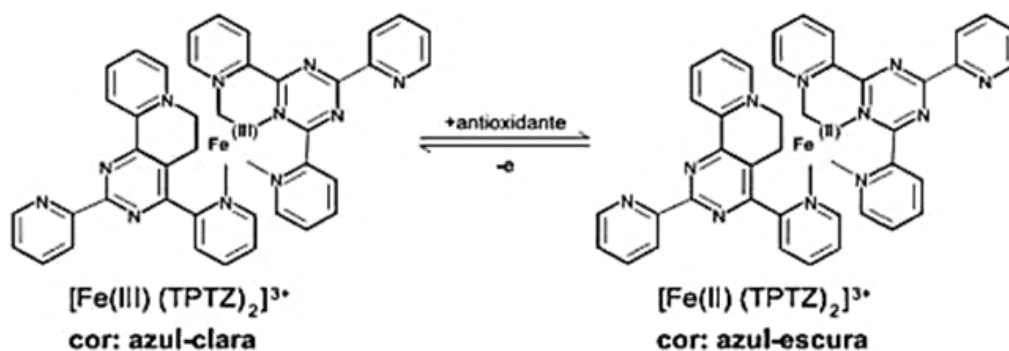
Figura 5 - Redução do ABTS por um antioxidante e sua formação pelo persulfato de



Fonte: Tiveron (2010).

O método FRAP (poder antioxidante de redução do ferro) também se baseia em reações de transferência de elétrons, e pode ser aplicado tanto para teste da atividade antioxidante em alimentos como em bebidas. A reação ocorre pela reação de TPTZ (2,4,6-Tris(2-piridil)-s-triasina) com o Fe(III). Quando há a presença de um antioxidante, o ferro presente é reduzido dando origem ao $[\text{Fe}(\text{II})(\text{TPTZ})_2]^{3+}$ (Figura 6). Em condições ácidas, a capacidade redutora pode ser suprimida devido à protonação dos compostos antioxidantes, enquanto que em meio básico, a dissociação de prótons de compostos fenólicos pode aumentar a capacidade de redução da amostra (HUANG; OU; PRIOR, 2005).

Figura 6 - Redução de Fe(III) a Fe(II) pela adição de um antioxidante.



Fonte: Tiveron (2010).

Atividade antioxidante dos méis extraídos no Brasil

Pontis et al. (2014) utilizaram o método DPPH para analisar a atividade antioxidante do mel multifloral Apis de diferentes regiões do estado de Roraima: Amajari (MJP1), Amajari (MJP2), Mucajai (MJP3), Mucajai (MJP4), Cantá (MJP5), Cantá (MJP6), Cantá (MJP7), Cantá (MJP8), Cantá (MJP9) e São Luiz do Anauá (MJP10). A atividade antioxidante de cada amostra de mel foi determinada com base na atividade sequestrante contra o radical livre 2,2-difenil-1-picril-hidrazil por meio do parâmetro EC_{50} , onde a amostra com maior EC_{50} apresenta a menor atividade antioxidante. As amostras de mel de Roraima apresentaram alto potencial antioxidante, sendo que os méis de Amajari (MJP1), Mucajai (MJP4), e Cantá (MJP5) apresentaram as maiores quantidades de compostos fenólicos, flavonas e flavonóis.

O método ABTS foi utilizado por Silva et al. (2013b) para avaliar méis da espécie *M. s. merrilas*, coletados de meliponários de colmeias em sete municípios do estado do Amazonas, Brasil: quatro da região Central do estado do Amazonas: Manaus (CAD1), Rio Preto da Eva (CAD2), Coari (CAD3) e Maués (CAD4), e três da região Sul: Boca do Acre (SAD1), Pauini (SAD2) e Lábrea (SAD3). Neste estudo, as soluções de amostra foram diluídas em metanol (MeOH) para atingir concentrações finais entre 0,1 e 0,5 mg mL⁻¹. Os resultados foram expressos como $EC_{50} \pm dp$, onde EC_{50} representa a concentração da amostra necessária para obter metade da atividade de eliminação de radical ABTS e dp é o desvio padrão calculado. Os autores verificaram que os extratos metanólicos dos méis apresentaram atividades nas quais o EC_{50} variou de $210 \pm 0,25$ a $337 \pm 3,17$ mg mL⁻¹. Dentre os méis analisados, as amostras coletadas em Maués (CAD4), Lábrea (SAD3) e Pauini (CAD2) apresentaram a maior capacidade antioxidante, provavelmente em consequência de seu maior conteúdo fenólico total em comparação com as amostras restantes, pois sabe-se que a atividade antioxidante pode ser aumentada pela interação sinérgica entre os compostos que têm a capacidade de eliminar os radicais livres, como os compostos fenólicos.

Bueno-Costa et al. (2016) utilizaram os métodos DPPH e ABTS para avaliar diferentes méis do estado do Rio Grande do Sul. As amostras eram das seguintes regiões: oeste (H1, H2, H3, H4, H5, H10, H11, H14), metropolitana (H6, H16, H19, H20, H21, H22, H23), sudoeste (H7, H12, H13), sudeste (H8, H9, H17, H18), nordeste (H15) e noroeste (H24). A atividade antioxidante do radical DPPH variou significativamente entre a maioria das amostras de mel. A maior atividade antioxidante (17,21 mg de equivalentes de ácido gálico (EAG). 100 g⁻¹) foi observada

na amostra de mel de eucalipto (H24), enquanto as atividades mais baixas (2,48 e 2,62 mg EAG · 100 g⁻¹) foram observadas em H13 e H21. Em média, o mel de eucalipto apresentou maior atividade antioxidante (9,98 mg EAG · 100 g⁻¹) que o mel silvestre (7,63 mg EAG · 100 g⁻¹). Por outro lado, o inverso ocorreu com a análise ABTS, onde os teores médios de mel de eucalipto (52,43 mg EAG · 100 g⁻¹) foram inferiores aos obtidos no mel silvestre (60,17 mg EAG · 100 g⁻¹). A atividade antioxidante do mel variou entre 8,24 e 111,48 mg EAG · 100 g⁻¹, pelo método ABTS, que foi aproximadamente 7 vezes maior do que a atividade encontrada pelo método DPPH. O objetivo dessas duas determinações foi identificar qual seria a mais adequada na avaliação da atividade antioxidante do mel. Foi constatado que o ensaio ABTS foi mais apropriado devido às correlações mais altas com o conteúdo de todas as análises fitoquímicas realizadas (fenóis, flavonoides, ácidos fenólicos, carotenoides).

Os métodos ABTS e DPPH também foram utilizados por Lianda et al. (2012) para determinar a atividade antioxidante de mel da espécie *Apis mellifera*. Foram coletados, nas regiões do Rio de Janeiro e São Paulo, quatro amostras de mel multifloral (RLS1, RLS2, RLS3 e RLS4) e três amostras de mel de flor de laranjeira (RLL1, RLL2 e RLL3). A atividade antioxidante foi expressa como a concentração da amostra necessária para obter metade da atividade de eliminação de radical ABTS (EC₅₀). A eliminação de radicais livres das amostras de mel, para o método DPPH, variou de 10,81 a 52,64 mg mL⁻¹. A menor atividade de eliminação foi encontrada no mel de flor de laranjeira RLL5 (52,64 mg mL⁻¹), enquanto a maior atividade encontrada foi para o mel multifloral RLS1 (10,81 mg mL⁻¹). Foi constatado que as diferenças entre as atividades antioxidantes das amostras testadas dependem, principalmente, da fonte floral do mel, sendo que os méis multiflorais apresentaram maior atividade do que os méis de flor de laranjeira, e estes resultados estão altamente relacionadas com o teor de compostos fenólicos totais (CFT). Os méis de flor de laranjeira apresentaram menor quantidade de compostos fenólicos, mas também apresentaram boa atividade de eliminação de radicais, embora menores do que observadas em méis multiflorais. Todos os extratos de mel testados também exibiram potencial de eliminação para ambos os radicais ABTS e FRAP.

Sousa et al. (2016) utilizaram os métodos de eliminação de radicais livres DPPH e ABTS, bem como o ensaio de capacidade de absorção do radical de oxigênio (ORAC) para análise da atividade antioxidante de quatro diferentes méis de duas diferentes espécies de abelha sem ferrão na região do semiárido do Nordeste brasileiro. As amostras de mel *Ziziphus joazeiro* Mart. (juazeiro) e *Mimosa quadrivalvis* L. (malícia) produzidas pelas abelhas sem ferrão *M. subnitida* Ducke (jandaíra) e *M. scutellaris* Latrelle (uruçu) foram coletadas durante a estação seca, enquanto as amostras de mel de *Mimosa arenosa* (jurema branca) e *Croton heliotropiifolius* Kunth (velame branco) produzidos pelas abelhas jandaíra e uruçu foram coletados durante a estação chuvosa. Os méis de juazeiro e velame branco produzidos pelas abelhas jandaíra e uruçu *Meliponini* apresentaram o maior teor de CFT e a maior capacidade antioxidante (quando medida como poder sequestrante dos radicais DPPH e ABTS). Por outro lado, os méis de malícia que foram produzidos por ambas as espécies de abelhas estudadas apresentaram o maior potencial para capturar radicais de oxigênio e as maiores quantidades dos flavonoides quercetina, miricetina e kaempferol.

O método DPPH também foi utilizado por Bandeira et al. (2018) para análise da atividade antioxidante de amostras de mel de *A. Mellifera*, coletadas no município de Santarém, estado do Pará. A atividade antioxidante foi expressa como inibição de DPPH (%). Todas as amostras de mel tiveram uma capacidade máxima de extinção do radical DPPH próximo a 50%, e a atividade inibitória máxima para mel não diluído variou de 49,49 a 61,06%. Todas as amostras apresentaram teores altos de CFT, além da alta atividade antioxidante (acima de 50% para o mel não diluído), e os teores de compostos fenólicos presentes nas amostras de mel influenciaram sua cor e atividade antioxidante.

Silva et al. (2013c) utilizaram os métodos DPPH e ABTS para determinação da atividade antioxidante de amostras de méis da espécie *M. subnitida* "jandaíra" coletados em duas regiões semi-áridas do estado da Paraíba, nos municípios de Soledade e Vieirópolis. Foram obtidos valores de EC_{50} variando de 10,6 a 12,9 mg mL⁻¹ para mel puro, 108,5 a 208,6 µg mL⁻¹ para o extrato metanólico e 43,5 a 87,8 µg mL⁻¹ para a fração em acetato de etila no ensaio de eliminação de radicais DPPH. Os resultados de EC_{50} para o teste ABTS variaram de 6,1 a 9,7 mg mL⁻¹, 21,2 a 53,1 µg mL⁻¹ e 13,2 a 33,9 µg mL⁻¹, para mel puro, extrato metanólico e fração em acetato de etila, respectivamente. A menor concentração de inibição foi observada no mel puro.

O método de DPPH também foi utilizado por Oliveira et al. (2012) para determinar a atividade antioxidante de méis de três diferentes espécies de abelhas: *A. mellifera* (africanizada), espécie exótica, *Melipona flavolineata* (uruçu-amarela) e *M. fasciculata* (uruçu-cinzenta), espécies nativas. As amostras de mel foram obtidas de quatro municípios do Estado do Pará, nas microrregiões de Bragantina (Tracuateua), do Salgado (São João de Pirabas e Vigia) e de Guamá (São Miguel do Guamá). A atividade antioxidante foi expressa em valores de concentração efetiva em 50% do total do efeito (CE_{50}), através do gráfico que relaciona o percentual de atividade com a concentração da substância ensaiada. Os melhores resultados (menores valores percentuais) obtidos para atividade antioxidante foram para os méis que apresentaram os teores mais elevados de CFT e coloração mais escura. Os compostos majoritários identificados por cromatografia líquida nestas amostras foram, respectivamente, ácido gálico, ácido o-cumárico, ácidop-cumárico e quercetina. Os méis da espécie *A. mellifera* das regiões de São João de Pirabas e São Miguel do Guamá mostraram melhor inibição do radical DPPH em relação às demais espécies, tendo atividade antioxidante média de 9,13 e 8,87%, respectivamente, exceto para méis de *M. flavolineata* da região de São João de Pirabas que obtiveram o melhor percentual de inibição (6,85%). Para méis de meliponíneos apenas as amostras coletadas no município de São João de Pirabas apresentaram boas atividades antioxidantes, de 6,85 e 15,58% para *M. flavolineata* e *M. fasciculata*, respectivamente). No entanto, os méis dessas espécies provenientes das regiões de São Miguel do Guamá e Vigia, apesar dos altos teores de CFT, tiveram os resultados menos significativos de CE_{50} . De maneira geral, os CFT presentes em menor concentração indicaram menor atividade antioxidante dos méis, sendo observadas concentrações decrescentes com a coloração variando do âmbar claro ao âmbar extra claro.

Biluca et al. (2016) utilizaram o método DPPH para determinar a atividade antioxidante de trinta e três amostras de méis de abelhas sem ferrão, coletados no estado de Santa Catarina, Brasil. As amostras pertencentes a dez diferentes espécies de abelhas (*Melipona bicolor*, *Scaptotrigona bicincta*, *Melipona quadriasciata*, *Melipona marginata*, *Tetragonisca angustula*, *Melipona mondury*, *Melipona rufivestris mondury*, *Tetragona clavipes*, *Melipona scutellaris* e *Trigona fuscipennis*) foram coletadas em quatro localidades: Florianópolis, Santo Amaro da Imperatriz, São Miguel do Oeste e Rosa de Lima. Nesse estudo, o valor mínimo apresentado da atividade de captura do radical DPPH foi 1,41 mg equivalente de ácido ascórbico (EAA) 100 g⁻¹ (*M. marginata*) e o máximo foi 18,5 mg EAA 100 g⁻¹ (*M. marginata*) ambos para a mesma espécie. As amostras têm origens geográficas e botânicas distintas, o que pode explicar essa grande variação de valores. Resultados encontrados em estudos de mel de abelhas sem ferrão são semelhantes aos valores encontrados em estudos com mel de *Apis mellifera*, que mostram grandes variações (1,91 a 150 mg EAA 100 g⁻¹), sempre dependendo da origem botânica do néctar coletado para a produção de mel, da origem geográfica e das espécies de abelhas.

Os métodos FRAP, ABTS e DPPH foram utilizados por Galhardo et al. (2021) para determinação da atividade antioxidante de 67 amostras de mel de *A. mellifera* coletadas em 14 municípios do Oeste do Paraná: Santa Helena (n = 27), Missal (n = 7), Terra Roxa (n = 7), Marechal Candido Rondon (n = 7), Diamante do Oeste (n = 4), Entre Rios do Oeste (n = 3), Corbélia (n = 2), Matelândia (n = 2), Toledo (n = 2), Ramilândia (n = 2), Francisco Alves (n = 1), Itaipulândia (n = 1), Palotina (n = 1) e São José das Palmeiras (n = 1). Os resultados da atividade antioxidante FRAP foram expressos como μmol equivalente de sulfato ferroso (FeSO_4) g⁻¹. Para a atividade sequestrante do radical oxidante DPPH e ABTS os resultados foram expressos como μmol de Trolox equivalente (TE) por grama de mel. Os resultados da análise pelo método de FRAP apresentaram variação de 0,03 a 11,12 $\mu\text{mol FeSO}_4$ g⁻¹, valores superiores aos obtidos com os métodos ABTS (0,43 a 1,54 $\mu\text{mol TE g}^{-1}$) e DPPH (0,04 a 0,16 $\mu\text{mol TE g}^{-1}$), o que pode ser devido ao fato de FRAP ser expresso como sulfato de ferro, enquanto ABTS e DPPH são expressos como equivalentes de Trolox. Os estudos mostraram que amostras de uma mesma região podem apresentar resultados diferentes devido à botânica, origem geográfica e sazonalidade.

A análise dos estudos relatados neste trabalho mostra que, independentemente do método utilizado para quantificação, há relação direta da atividade antioxidante com o teor de CFT do mel, a variedade floral, a região de produção do mel, bem como a espécie de abelha polinizadora. Ainda, os resultados obtidos para os diferentes méis revelam que as amostras com os maiores teores de compostos fenólicos também apresentam a maior atividade antioxidante.

Conclusão

A composição do mel compreende uma mistura de constituintes saturados de açúcar e não açúcar, variando de acordo com o ambiente, origem botânica e geográfica. Dentre os compostos não açúcar, a presença de compostos fenólicos é considerada responsável pela atividade antioxidante do mel. No entanto, a análise realizada neste artigo de revisão indicou que há poucos estudos publicados envolvendo a determinação da atividade antioxidante de méis brasileiros.

As maiores capacidades de eliminação dos radicais DPPH e ABTS foram observadas para as amostras que apresentaram os maiores teores de CFT, o que reforça a importância do mel como fonte alimentar de compostos antioxidantes. No entanto, além de fatores intrínsecos aos méis, a falta de padronização quanto às metodologias utilizadas para a determinação da atividade antioxidante e do teor de CFT, limitam a comparação entre os trabalhos já publicados.

Como continuidade das pesquisas, sugere-se proceder à determinação de outros compostos antioxidantes presentes, quer nas amostras de mel estudadas, quer em outras amostras de méis monoflorais brasileiros, inclusive provenientes de regiões que ainda não foram exploradas, para que assim dados mais precisos sobre o perfil fenólico de cada mel sejam disponibilizados e, portanto, haja possibilidade de correlacionar tais dados com as origens florais e geográficas dos méis.

Referências

- BANDEIRA, A. M. P.; GOMES, V. V.; VASCONCELOS, A. A.; TAUBE, P. S.; BARROS, E. C.; COSTA, S. C.; LIMA, A. K. O.; BOLIGON, A. A.; WACZUK, E. P.; ROCHA, J. B. T. Atividade antioxidante e características físico-química de méis da Amazônia Oriental, Brasil. **Chemistry and Pharmacology**, v. 48, n. 2, p. 158-167, 2018.
<https://doi.org/10.1590/1809-4392201702721>
- BAZINA, N.; AHMED, T. G.; ALMDAAF, M.; HE, J.; SARKER, M.; ISLAM, M. BBCEAS-HLPC measurements for synthetic antioxidants (TBHQ, BHA, and BHT) in deep-UV region below 300 nm. **Food Chemistry**, v. 465, Part 2, 142150, 2025.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.142150>
- BERGAMO, G.; SERAGLIO, S. K. T.; GONZAGA, L. V.; FETT, R.; COSTA, A. C. O. Mineral profile as a potential parameter for verifying the authenticity of bracatinga honeydew honeys. **Food Science and Technology**, v. 97, p. 390-395, 2018.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.07.028>
- 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**, v. 50, p. 61-69, 2016.
<https://doi.org/10.1016/j.jfca.2016.05.007>
- BOULEBD, H. Comparative study of the radical scavenging behavior of ascorbic acid, BHT, BHA and Trolox: Experimental and theoretical study. **Journal of Molecular Structure**, v. 1201, 127210, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2019.127210>
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. **Instrução Normativa nº 11, de 20 de outubro de 2000**. Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Mel. Brasília: Diário Oficial da União, 23 de outubro de 2000.

- BUENO-COSTA, F. M.; ZAMBIAZI, R. C.; BOHMER, B. W.; CHAVES, F. C.; SILVA, W. P.; ZANUSSO, J. T.; DUTRA, I. Antibacterial and antioxidant activity of honeys from the state of Rio Grande do Sul, Brazil. **Food Science and Technology**, v. 65, p. 333-340, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.08.018>
- CARVALHO, C. A. L.; SOUZA, B. A.; SODRÉ, G. S.; MARCHINI, L. C.; ALVES, R. M. O. **Mel de abelha sem ferrão: contribuição para a caracterização físico-química**. Cruz das Almas: UFBA/SEAGRI, 2005. Disponível em: https://www2.ufrb.edu.br/insecta/images/publicacoes/meliponicultura/Serie_Meliponicultura_n4.pdf Acesso em: 15 Ago. 2025.
- CODEX ALIMENTARIUS. **Standard for Honey**. CXS 12-1981. Última alteração: 2022. Disponível em: https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/es/?Ink=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXS%2B12-1981%252FCXS_012e.pdf Acesso em: 18 Ago. 2025.
- DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L. **Química de alimentos de Fennema**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2019.
- DZUGAN, M.; TOMCZYK, M.; SOWA, P.; GRABEK-LEJKO, D. Antioxidant Activity as Biomarker of Honey Variety. **Molecules**, v. 23, n. 8:2069; 2018. <https://doi.org/10.3390/molecules23082069>
- ESCOBAR, A. L. S.; XAVIER, B. F. Propriedades fisioterápicas do mel de abelha. **Revista Uningá**, v. 37, n. 1, p. 159-172, 2013. <https://doi.org/10.46311/2318-0579.37.eUJ1115>
- FERNANDES, I. M. **Propriedades medicinais do mel de Urze Nacional**. Monografia de Mestrado, Universidade de Lisboa, 2017. Disponível em: https://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/36030/1/MICF_Ines_Marques_Fernandes.pdf Acesso em: 15 Ago. 2025.
- GALHARDO, D.; GARCIA, R. C.; SCHNEIDER, C. R.; BRAGA, G. C.; CHAMBÓ, E. D.; FRANÇA, D. L. B.; STRÖHER, S. M. Physicochemical, bioactive properties and antioxidant of Apis Mellifera L. Honey From Western Paraná, southern Brazil. **Food Science and Technology**, v. 41, p. 247-253, 2021. <https://doi.org/10.1590/fst.er11720>
- GOIS, G. C.; RODRIGUES, A. E.; LIMA, C. A. B.; SILVA, L. T. Composição do mel de Apis Mellifera: Requisitos de qualidade. **Acta Veterinária Brasilica**, v. 7, p. 135-147, 2013. <https://doi.org/10.21708/avb.2013.7.2.3009>
- HUANG, D.; OU, B.; PRIOR, R. L. The Chemistry behind Antioxidant Capacity Assays. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, p. 1841-1856, 2005. <https://doi.org/10.1021/jf030723c>
- LARSEN, P.; AHMED, M. Evaluation of antioxidant potential of honey drops and honey lozenges. **Food Chemistry Advances**, v. 1, 100013, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2022.100013>
- LAVINAS, F. C.; MACEDO, E. H. B. C.; SÁ, G. B. L.; AMARAL, A. C. F.; SILVA, J. R. A.; AZEVEDO, M. M. B.; VIEIRA, B. A.; DOMINGOS, T. F. S.; VERMELHO, A. B.; CARNEIRO, C. S.; RODRIGUES, I. A. Brazilian stingless bee própolis and geopropolis: promising sources of biologically active compounds. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 29, p. 389-399, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.bjp.2018.11.007>

LIANDA, R. L. P.; SANT'ANA, L. D'O.; ECHEVARRIA, A.; CASTRO, R. N. Antioxidant activity and phenolic composition of Brazilian honeys and their extracts. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 23, p. 618-627, 2012.

<https://doi.org/10.1590/S0103-50532012000400006>

LOPES, A. E. P. **Caracterização físico-química e atividade antioxidante do mel da abelha Jataí (*Tetragonisca angustula*) proveniente de diferentes regiões do Estado do Paraná**. Dissertação de Mestrado, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2019. Disponível em:

https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/4080/1/LD_PPGTAL_M_%20Lopes%2C%20Any%20Ellen%20Prestes_2019.pdf Acesso em: 18 Ago. 2025.

LOPES, A. E. P.; SOUZA, T. E.; PEDRÃO, M. R.; DIAS, L. F. Caracterização físico-química de mel de abelha Jataí (*Tetragonisca angustula*). **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 13, n. 1, p. 2715- 2729, 2019. <http://dx.doi.org/10.3895/rbta.v13n1.6947>

MARGAOAN, R. et al. Monofloral Honeys as a Potential Source of Natural Antioxidants, Minerals and Medicine. **Antioxidants**, v. 10, n. 7, 1023, 2021.

<https://doi.org/10.3390/antiox10071023>

NIKHAT, S.; FAZIL, M. History, phytochemistry, experimental pharmacology and clinical uses of honey: A comprehensive review with special reference to Unani medicine. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 282, 114614, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2021.114614>

NOGUEIRA-NETO, P. Vida e criação de abelhas indígenas sem ferrão. São Paulo: Nogueirapis, 1997.

MULUGETA, M.; BELAY, A. Comb honey and processed honey of *Croton macrostachyus* and *Schefflera abyssinica* honey differentiated by enzymes and antioxidant properties, and botanical origin. **Heliyon**, v. 8, e09512, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09512>

OLIVEIRA, P. S. et al. Ácidos fenólicos, flavonoides e atividade antioxidante em méis de *Melipona Fasciculata*, *M. Flavolineata* (*Apidail*, *Meliponini*) e *Apis Mellifera* (*Apidai*, *Apini*) da Amazônia. **Embrapa Amazônia Oriental**, v. 35, p.1728-1732, 2012.

<https://doi.org/10.1590/S0100-40422012000900005>

OLIVEIRA, G. L. S. Determinação da capacidade antioxidante de produtos naturais in vitro pelo método do DPPH: Estudo de revisão. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.17, p. 36-44, 2015. https://doi.org/10.1590/1983-084X/12_165

PEREIRA, M. A. **Perfil cromatográfico das substâncias fenólicas presentes em extratos de mel de Assa Peixe e avaliação de seu poder antioxidante**. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2010. Disponível em:

http://ufrj.br/abelhanatureza/paginas/monografias_dissertacoes/MelFenolicos.pdf
Acesso em: 15 Ago. 2025.

PERÍN, S. L.; CHENDYNSKI, L. T.; GOMES, S. I. A. A.; GIUSTI, E. D. Antioxidant potential of the sap of the *Croton lechleri* Müll. Arg. stem (Euphorbiaceae). **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, [S. l.], v. 12, n. 1, p. 1-14, 2024.

<https://doi.org/10.20873/jbb.uft.cemaf.v12n1.17403>

PONTIS, J. A.; COSTA, L. A. M. A.; SILVA, S. J. R.; FLACH, A. Color, Phenolic and flavonoid content, and antioxidant activity of honey from Roraima, Brazil. **Food Science and Technology**,

- v. 34, p. 69-73, 2014. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612014005000015>
- PU, S.; LIM, C. J.; WONG, Y. J.; WONG, Y. T.; JUDEH, Z.; HADINOTO, K. Enhancing storage stability of butylated hydroxyanisole/hydroxytoluene antioxidants by encapsulation in oil-in-oil Pickering emulsions. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, v. 726, Part 3, 137995, 2025. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2025.137995>
- RAMALHO, V. C.; JORGE, N. Antioxidantes utilizados em óleos, gorduras e alimentos gordurosos. **Química Nova**, v. 29, p.755-760, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422006000400023>
- SERAGLIO, S. K. T.; BERGAMO, G.; MOLOGNONI, L.; DAGUER, H.; SILVA, B.; GONZAGA, L. V.; FETT, R.; COSTA, A. C. O. Changes in quality during long-term storage of a peculiar Brazilian honeydew honey: Bracatinga. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 97, p.103769, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2020.103769>
- SILVA, E. C. C.; MUNIZ, M. P.; NUNOMURA, R. C. S.; NUNOMURA, S. M.; ZILSE, G. A. C. Constituintes fenólicos e atividade antioxidante da geoprópolis de duas espécies de abelhas sem ferrão Amazônicas. **Química Nova**, v. 36, n. 5, p. 628-633, 2013a. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422013000500003>
- SILVA, I. A. A.; SILVA, T. M. S.; CAMARA, C. A.; QUEIROZ, N.; MAGNANI, M.; NOVAIS, J. S.; SOLEDADE, L. E. B.; LIMA, E. O.; SOUZA, A. L.; SOUZA, A. G. Phenolic profile, antioxidant activity and palynological analysis of stingless bee honey from Amazonas, Northern Brazil. **Química Alimentar**, v. 141, p. 3552-3558, 2013b. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.06.072>
- SILVA, S. M. T.; SANTOS, F. P.; EVANGELISTA-RODRIGUES, A.; SILVA, E. M. S.; SILVA, G. S.; NOVAIS, J. S.; SANTOS, F. A. R.; CAMARA, C. A. Phenolic compounds, melissopalynological, physicochemical analysis and antioxidant activity of jandaíra (*Melipona subnitida*) honey. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 29, p.10-18, 2013c. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfca.2012.08.010>
- SOUSA, J. M.; SOUZA, E. L.; MARQUES, G.; MEIRELES, B.; CORDEIRO, A. T. M.; GULLÓN, B.; PINTADO, M. M.; MAGNANI, M. Polyphenolic profile and antioxidante and antibacterial activities of monofloral honeys produced by Meliponini in the Brazilian semiarid. **Food Research Internacional**, v. 84, p. 61-68, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.03.012>
- TEYSSIER, C. **O poder do mel na cicatrização das feridas**. Dissertação de Mestrado, Instituto Universitário Egas Moniz, 2019. Disponível em: https://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/29630/1/Teyssier_Charles.pdf Acesso em: 18 Ago. 2025.
- TIVERON, A. P. **Atividade antioxidante e composição fenólica de legumes e verduras consumidas no Brasil**. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010. Disponível em: https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11141/tde-20102010-101541/publico/Ana_Paula_Tiveron.pdf Acesso em: 18 Ago. 2025.