



OPEN ACCESS

Biomedical and Biopharmaceutical Research - Pharmacology and Technology
Investigação Biomédica e Biofarmacêutica - Farmacologia e Tecnologia
Volume 23 (2026) | 10.19277/bbr.pht.23.376
ISSN 2182-2379 (digital)

Baccharis dracunculifolia DC. and green propolis: biological properties and applicability – narrative review


Baccharis dracunculifolia DC. e própolis verde: propriedades biológicas e aplicabilidades – revisão narrativa

Marcia Akemi Okuro ¹, Cristina Mayumi Sasaki Miyazaki ¹ , & Ana Flávia Marçal Pessoa ^{1,2,3} 

Keywords: Phytotherapy, Herbal medicine, *Baccharis dracunculifolia*, Alecrim-do-campo, Green propolis

Palavras-chave: Fitoterapia, Medicamento fitoterápico, *Baccharis dracunculifolia*, Alecrim-do-campo, Própolis verde

To Cite:

Okuro, M. A., Sasaki Miyazaki, C. M., & Marçal Pessoa, A. F. (2026) *Baccharis dracunculifolia* DC. and green propolis: biological properties and applicability – narrative review. *BBR - Pharmacology & Technology*, 23, 376, 1-24.
 <https://doi.org/10.19277/bbr.pht.23.376>

1 - Especialização Fitoterapia Avançada Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo - FMUSP, São Paulo - Brasil

2 - Departamento de Doenças Infecciosas e Parasitárias (LIM-46), Faculdade de Medicina da USP (FMUSP)-São Paulo, SP, Brazil

3 - Departamento de Alimentos e Nutrição Experimental (FBA) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas da USP (FCF), Cidade Universitária, São Paulo - SP

Correspondence to / Correspondência a:
marciaokuro@gmail.com

Received / Recebido: 29/09/2025
Accepted / Aceite: 26/02/2026

Journal correspondence / Correspondência dos jornais: bbr@alies.pt

Abstract

Baccharis dracunculifolia, popularly known as alecrim-do-campo or field rosemary, is a native species from Brazil and other South American countries. It is a plant used in traditional folk medicine and has been increasingly studied due to its important biological properties, such as anti-inflammatory, antioxidant, antimicrobial, and antiviral, among others. Its use has also gained prominence in ecology as an alternative to recover degraded areas and as a natural insecticide. Furthermore, it is the plant that originates green propolis, a product with great potential for human health. This review is based on an assessment of the biological properties and applications of both *Baccharis dracunculifolia* and green propolis.

Resumo

Baccharis dracunculifolia, vulgarmente conhecida como alecrim-do-campo, é uma espécie nativa do Brasil e de outros países da América do Sul. Trata-se de uma planta amplamente utilizada na medicina tradicional popular e que tem sido cada vez mais estudada devido às suas relevantes propriedades biológicas, tais como atividades anti-inflamatória, antioxidante, antimicrobiana e antiviral, entre outras. A sua utilização tem igualmente ganho destaque na área da ecologia, nomeadamente como alternativa para a recuperação de áreas degradadas e como inseticida natural. Além disso, esta espécie constitui a principal fonte botânica da própolis verde, um produto com elevado potencial para a saúde humana. Esta revisão baseia-se na avaliação das propriedades biológicas e suas aplicabilidades tanto da *Baccharis dracunculifolia* quanto da própolis verde.

Introduction

"Alecrim, alecrim dourado / que nasceu no campo / sem ser semeado. // Foi meu amor / que me disse assim / que a flor do campo é o alecrim" ("Rosemary golden rosemary / that was born in the field / without being sown. // It was my love / who told me so / that the flower of the field is rosemary"). This well-known Brazilian children's song originates from a Portuguese folk tradition, historically performed during São João festival celebrations. The original lyrics refer to *Salvia rosmarinus* (rosemary). During the colonization of Brazil, the Portuguese referred to *Baccharis dracunculifolia* (Figura 1) as alecrim-do-campo, or field rosemary. This was due to its rapid growth and resilience, similar to rosemary originating from the Mediterranean Sea and Asia. Thus, the Brazilian version of the song was created for alecrim-do-campo, which was initially used for making brooms or as a natural insecticide against ticks, fleas, and bedbugs (1).

Baccharis dracunculifolia DC. (Asteraceae) is a native species of Brazil and is present in the South, Southeast, and Center-West regions, mainly in the Cerrado regions. It can also be found in Argentina, Bolivia, Paraguay, and Uruguay. Its scientific name was described by the Swiss botanist Augustin Pyramus de Candolle (DC) in 1836 (1,2).

Introdução

"Alecrim, alecrim dourado / que nasceu no campo / sem ser semeado. // Foi o meu amor / que me disse assim / que a flor do campo é o alecrim." Trata-se de uma conhecida canção infantil brasileira, cuja origem remonta a uma música do folclore português, tradicionalmente entoada nas festividades de São João. A letra original refere-se à espécie *Salvia rosmarinus*, vulgarmente conhecida como alecrim. Durante o período da colonização do Brasil, os portugueses passaram a designar *Baccharis dracunculifolia* (Figura 1) como alecrim-do-campo. Isso ocorreu devido seu rápido crescimento e elevada resistência, semelhantes às do alecrim originário da região do Mar Mediterrâneo e da Ásia. Assim, surgiu a versão brasileira da cantiga associada ao alecrim-do-campo, inicialmente utilizado na produção de vassouras ou como inseticida natural contra carraças, pulgas e percevejos (1).

Baccharis dracunculifolia DC. (Asteraceae) é uma espécie nativa do Brasil, com ocorrência nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, sobretudo em áreas de Cerrado. Também pode ser encontrada na Argentina, Bolívia, Paraguai e Uruguai. A sua designação científica foi atribuída pelo botânico suíço Augustin Pyramus de Candolle (DC) em 1836 (1,2).



Figure 1 - Photos of *Baccharis dracunculifolia* DC. Photo by Gustavo Heiden (Embrapa Pelotas RS)(58)

Figura 1 - Imagens da *Baccharis dracunculifolia* DC. Foto de Gustavo Heiden (Embrapa Pelotas RS)(58)

The species is commonly referred to as alecrim-do-campo ("field rosemary"), vassourinha ("little broom"), or *chilca blanca* (Spanish). It is a dioecious shrub, with female and male inflorescences on different plants, and can grow to a height of up to 5 meters (3,4). It is a perennial species, meaning its leaves do not fall with seasonal climate changes. Flowering occurs after the rainy season, can happen twice a year in some regions, and is characterized by a honey aroma. The fruits, known as achenes, are typically dry and contain the seeds. These are produced in large quantities and are easily dispersed by the wind (anemochory) (1).

The genus name *Baccharis* is of Greek origin, from *Bakkaris*, in honor of the god of wine, Bacchus. The meaning of the botanical genus *Baccharis* is a plant with a fragrant root. The epithet *dracunculifolia* has Latin origins and refers to leaves resembling 'dracunculus,' as the toothed margins of the leaves evoke the appearance of a dragon's dorsal surface, although this characteristic may be absent in some populations of the species (1,4).

The *B. dracunculifolia* species has been a significant topic of research in ethnomedicine, phytochemistry, and examination of its potential pharmacological effects. In traditional medicine, *B. dracunculifolia* is used to treat inflammation, liver disorders, and gastric ulcers. Previous studies have indicated numerous biological properties, including anti-inflammatory, antiulcerogenic, antimicrobial, immunomodulatory, neuroprotective, antioxidant, antiphytopathogenic, insecticidal, and acaricidal effects (3,5,6).

B. dracunculifolia is the primary botanical source of green propolis, a natural resinous substance produced by *Apis mellifera* bees, with high potential for human health. Several biological properties present in this species are also observed in green propolis (5,6).

This plant has also been used in the restoration of degraded areas due to its rapid vegetative development and potential to improve temperature, humidity, and availability of organic matter in the soil. Beyond ecological and pharmacological applications, its essential oil is used in the food industry as a natural preservative to extend product shelf life and reduce the use of synthetic additives. It is also highly valued in perfumery for its aromatic qualities (7-9).

A espécie é popularmente conhecida como alecrim-do-campo, vassourinha ou *chilca blanca* (em espanhol). Trata-se de um arbusto dióico, com inflorescências femininas e masculinas em indivíduos distintos, podendo atingir até 5 metros de altura (3,4). É uma espécie perene, cujas folhas não caem com a variação das estações do ano. A floração ocorre após o período chuvoso, podendo verificar-se duas vezes por ano em algumas regiões, sendo caracterizada por um aroma semelhante ao do mel. Os frutos, designados aquênios, são geralmente secos e correspondem às sementes, produzidas em grande quantidade e facilmente dispersas pelo vento (anemocoria) (1).

O gênero *Baccharis* tem origem grega, derivando de *Bakkaris*, em homenagem ao deus do vinho, Baco, e significa "planta de raiz perfumada". O epíteto *dracunculifolia* tem origem latina e refere-se a folhas semelhantes a "*dracunculus*", uma vez que as margens dentadas das folhas evocam o aspecto da superfície dorsal de um dragão, embora esta característica possa estar ausente em algumas populações da espécie (1,4).

A espécie *B. dracunculifolia* tem sido um importante alvo de investigação em etnomedicina, fitoquímica e farmacologia, devido aos seus potenciais efeitos terapêuticos. Na medicina tradicional, a *B. dracunculifolia* é empregada no tratamento de inflamações, distúrbios hepáticos e úlceras gástricas. Estudos indicam diversas propriedades biológicas, incluindo atividades anti-inflamatória, antiulcerogénica, antimicrobiana, imunomoduladora, neuroprotetora, antioxidante, antifitopatogénica, inseticida e acaricida (3,5,6).

A *B. dracunculifolia* constitui a principal fonte botânica da própolis verde, uma substância resinosa natural produzida pelas abelhas *Apis mellifera*, com elevado potencial para a saúde humana. Diversas propriedades biológicas presentes nessa espécie também são observadas na própolis verde (5,6).

Essa planta também tem sido utilizada na recuperação de áreas degradadas, devido ao rápido crescimento vegetativo e à capacidade de melhorar temperatura, humidade e disponibilidade de matéria orgânica no solo. Além das aplicações ecológicas e farmacológicas, seu óleo essencial é utilizado na indústria alimentícia como conservante natural para prolongar a vida útil dos produtos e reduzir o uso de aditivos sintéticos. Também é muito valorizado na perfumaria por suas qualidades aromáticas (7-9).

This review aims to present the potential applications of both *B. dracunculifolia* and green propolis in the pharmacological, ecological, food, and cosmetic fields. Various scientific studies are discussed to provide evidence supporting their relevance and applicability. Additionally, the compilation of available data may contribute to the identification of new approaches for future clinical studies involving both *B. dracunculifolia* and green propolis.

Essa revisão tem como objetivo apresentar os potenciais usos tanto da *B. dracunculifolia* como da própolis verde no domínios farmacológico, ecológico, alimentare cosmético. São discutidos diversos estudos cinéticos com o intuito de fornecer evidências que reforcem suas relevâncias e aplicabilidades. Adicionalmente, a compilação dos dados disponíveis poderá contribuir para a identificação de novas abordagens em futuros estudos clínicos envolvendo ambas *B. dracunculifolia* e própolis verde.

Methods

This review follows the recommended PRISMA 2020 guidelines. It is a narrative review whose objective is to describe the biological functions and potential applications of *Baccharis dracunculifolia* and green propolis.

To date, no review with the same purpose has been identified. For this study, a bibliographic search was conducted across several databases, specifically:

Métodos

A presente revisão segue as diretrizes PRISMA 2020 recomendadas. Trata-se de uma revisão narrativa cujo objetivo é descrever as funções biológicas e as possíveis aplicações da *Baccharis dracunculifolia* e da própolis verde.

Até ao momento, não foi identificada nenhuma revisão com a mesma finalidade. Para este estudo, realizou-se uma pesquisa bibliográfica em diferentes bases de

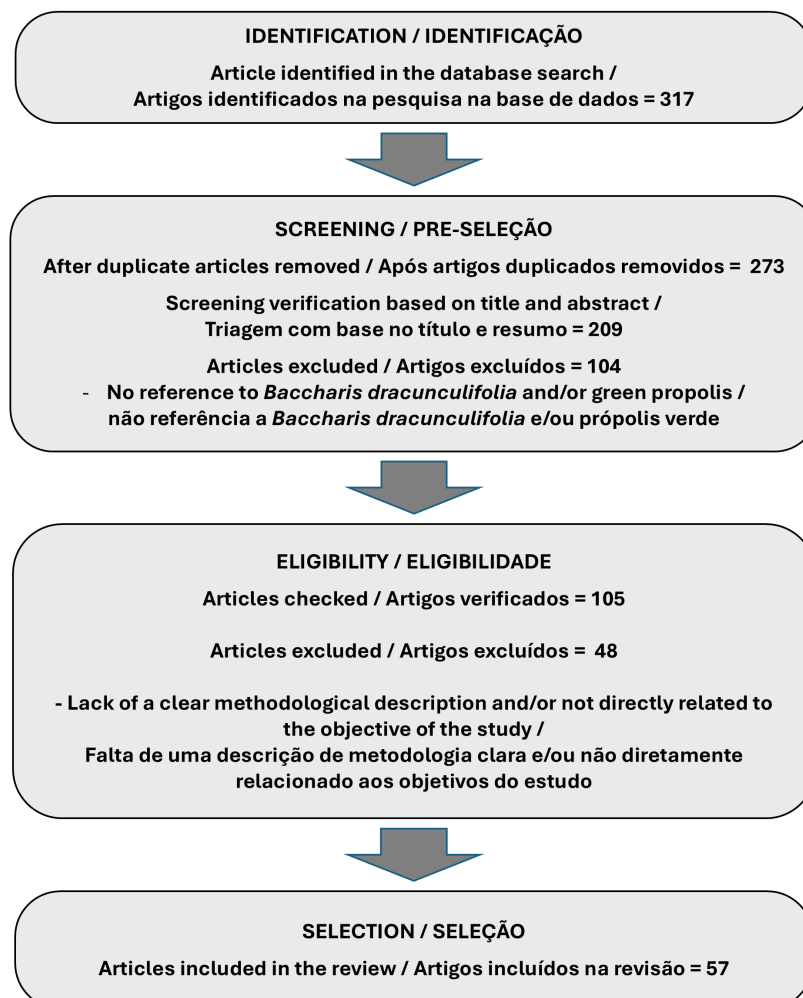


Figure 2 - Research diagram of the narrative review.

Figura 2 - Diagrama de pesquisa da revisão narrativa.

PubMed, SciELO, Cochrane, Elsevier, CAPES Journals, and Google Scholar. Scientific articles published between 2011 and 2024 were considered, covering a 13-year period of studies reported in specialized literature. The search was performed using the following keywords: “*Baccharis dracunculifolia*,” “green propolis,” “Brazilian green propolis,” “pharmacological use,” and “ecology,” including publications in English and Portuguese. It is important to note that these keywords were used individually and in combination.

The academic database search identified approximately 317 articles. After screening, 105 met the eligibility criteria, of which 57 were included in the present review. The inclusion criteria comprised publications that mentioned *Baccharis dracunculifolia* or green propolis (Figure 2).

It should be emphasized that articles addressing only molecules isolated from *Baccharis dracunculifolia* and from green propolis were not considered in this review. Additionally, articles lacking a clear methodological description and/or those not directly related to the objective of the study were excluded.

Phytochemical composition of *B. dracunculifolia*

The main chemical components of *B. dracunculifolia* are flavonoids, terpenes, and phenolic acids. Studies have demonstrated that the main components present in *B. dracunculifolia* are baccharin (terpene) (Figure 3A), artepillin-C (phenolic acid) (Figure 3B), and *p*-coumaric acid (phenolic acid) (Figure 3C), which may be associated with its anti-inflammatory, antibacterial, immunomodulatory, antigenotoxic, and antimutagenic activities (10,11).

The characteristic smell of the species is due to the presence of volatile substances from the sesquiterpene group, such as nerolidol and spathulenol. These aromatic substances are widely used in the perfume industry. Phenolic compounds provide protection to the plant against UV radiation, microorganisms, and pest attacks. Flavonoids are related to the aroma and coloration of the plant's flowers and fruits. Their biological properties are described to prevent degenerative diseases, such as cancer and cardiovascular diseases. Caffeic acid, another substance present in the plant, possesses

dados, nomeadamente: PubMed, SciELO, Cochrane, Elsevier, Periódicos CAPES e Google Académico. Foram considerados artigos científicos publicados entre 2011 e 2024, abrangendo um período de 13 anos de estudos reportados na literatura especializada. A pesquisa foi efetuada utilizando as seguintes palavras-chave: “*Baccharis dracunculifolia*”, “própolis verde”, “própolis verde brasileira”, “uso farmacológico” e “ecologia”, tendo sido incluídas publicações em inglês e em português. Importa referir que estas palavras-chave foram utilizadas isoladamente e em combinação.

A pesquisa nas bases acadêmicas identificou aproximadamente 317 artigos, que, após triagem, 105 foram aceitos em sua elegibilidade, dos quais 57 foram incluídos na presente revisão. Os critérios de inclusão contemplaram publicações que mencionavam *Baccharis dracunculifolia* ou *green propolis* [PT: própolis verde] (Figura 2).

Importa salientar que os artigos que abordaram apenas moléculas isoladas da *Baccharis dracunculifolia* e da própolis verde não foram considerados nesta revisão. Adicionalmente, foram excluídos artigos que não apresentaram uma descrição clara da metodologia e/ou não tinham relação direta com o objetivo do estudo.

Composição fitoquímica da *B. dracunculifolia*

Os principais constituintes químicos da *B. dracunculifolia* são flavonoides, terpenos e ácidos fenólicos. Estudos demonstraram que os principais componentes presentes na *B. dracunculifolia* são bacarina (terpene) (Figura 3A), artepilina-C (ácido fenólico) (Figura 3B) e ácido *p*-cumarínico (ácido fenólico) (Figura 3C), os quais podem estar associados às ações anti-inflamatória, antibacteriana, imunomoduladora, antigenotóxica e antimutagênica (10,11).

O odor característico da espécie deve-se à presença de substâncias voláteis do grupo dos sesquiterpenos, como o nerolidol e o espatulenol. Estas substâncias aromáticas são amplamente utilizadas na indústria dos perfumes. Os compostos fenólicos possuem atividade de proteção da planta contra radiação UV, microorganismos e ataques de pragas. Os flavonoides estão relacionados com o aroma e a cor das flores e frutos das plantas. As suas propriedades biológicas são descritas na prevenção de doenças degenerativas, como o cancro e as doenças cardiovasculares. O ácido cafeico, outra substância presente na planta,

antiviral, anti-inflammatory, antioxidant, and neuroprotective properties. The biological activities associated with caffeic acid include the inhibition of nuclear factor kappa-B, inhibition of cell proliferation, induction of cell cycle arrest, and apoptosis (1,12).

The main chemical components present in the essential oil of *B. dracunculifolia* are the terpenes nerolidol, beta-pinene, and D-limonene, which differs from the plant's alcoholic extract that contains more significant quantities of artemillin-C, rutin, and caffeic acid (13).

In an analysis by Timbe et al. (2021) comparing the antimicrobial activity of the essential oil and the hydroalcoholic extract of *B. dracunculifolia*, the essential oil was found to exhibit a broader spectrum of action, possibly due to differences in chemical composition. It is important to note that the hydroalcoholic extract was reconstituted, whereas the essential oil remained unaltered. Furthermore, the terpenes nerolidol and β -pinene, along with other minor components of the species' essential oil, demonstrated antimicrobial activity in studies (13).

Most essential oils from *B. dracunculifolia* are primarily composed of terpenes; however, qualitative and quantitative variations exist that can lead to differences in chemical composition and, consequently, impact the results of the antimicrobial spectrum across different studies (3).

apresenta propriedades antivirais, anti-inflamatórias, antioxidantes e neuroprotetoras. As atividades biológicas associadas ao ácido cafeico incluem a inibição do fator nuclear κ B, a inibição da proliferação celular, a indução da paragem do ciclo celular e da apoptose (1,12).

Os principais componentes químicos presentes no óleo essencial de *B. dracunculifolia* são os terpenos nerolidol, β -pineno e D-limoneno, diferentemente do extrato alcoólico da planta, que apresenta artemilina-C, rutina e ácido cafeico em quantidades mais significativas (13).

Numa análise realizada por Timbe et al. (2021), comparando a atividade antimicrobiana do óleo essencial com o extrato hidroalcoólico de *B. dracunculifolia*, verificou-se que o óleo essencial apresentou um maior espectro de ação, possivelmente devido à diferença na composição química. É importante notar que o extrato hidroalcoólico foi reconstituído, enquanto o óleo essencial permaneceu inalterado. Além disso, os terpenos nerolidol e β -pineno, juntamente com outros componentes minoritários do óleo essencial da espécie, demonstraram atividade antimicrobiana em estudos (13).

A maioria dos óleos essenciais de *B. dracunculifolia* é composta basicamente por terpenos; contudo, existem variações qualitativas e quantitativas que podem resultar em diferenças na composição química e, conseqüentemente, impactar os resultados do espectro antimicrobiano em diferentes estudos (3).

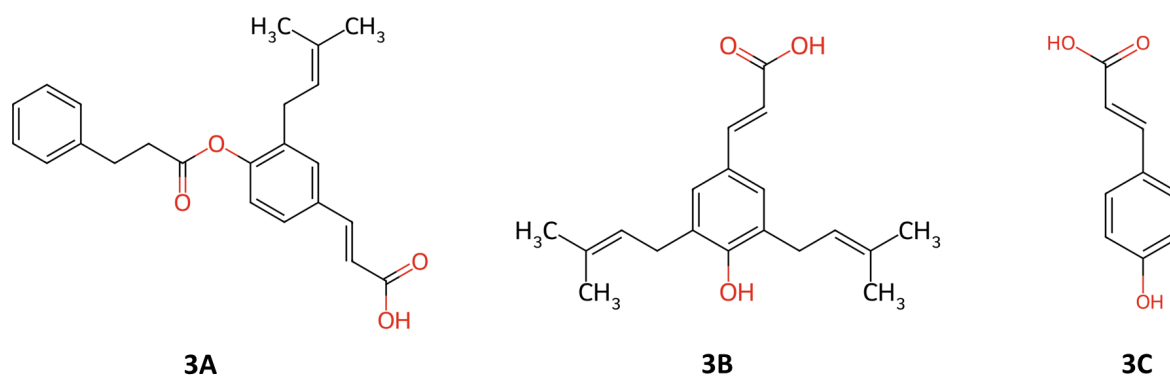


Figure 3 - Chemical structures of [A] baccharin (IUPAC: (2E)-3-[4-hydroxy-3,5-bis(3-methylbut-2-enyl)phenyl] prop-2-enoic acid), [B] artemillin-C (IUPAC: 3,5-diprenyl-4-hydroxycinnamic acid), and [C] p-coumaric acid (IUPAC: 4-hydroxycinnamic acid) (59-61).

Figura 3 - Estruturas químicas da [A] bacarina (ácido (2E)-3-[4-hidroxi-3,5-bis(3-metilbut-2-enil)fenil]prop-2-enóico), [B] artemilina-C (IUPAC: ácido 3,5-diprenil-4-hidroxicinnâmico) e [C] ácido p-cumarínico (IUPAC: 4-hidroxicinnâmico) (59-61)

In vitro studies by Nazarro et al. (2013) revealed that the essential oil of *B. dracunculifolia* shows antimicrobial potential for clinical use, acting against both gram-positive and gram-negative bacteria, either alone or in synergy with antibiotics. However, it is worth noting that gram-negative bacteria are generally more resistant to essential oils and plant extracts, a factor attributed to the complexity of their cell wall, which differs significantly from that of gram-positive bacteria (14).

The composition of plant extracts and essential oils is susceptible to natural variations, which can directly impact their biological activities. These variations are attributed to a range of factors, including the age and part of the plant used, geographic location, soil chemical composition, water availability, temperature fluctuations, sunlight exposure, the presence of bacteria, viruses, fungi, or parasites, as well as the extraction method and storage conditions (13).

Green propolis derived from *B. dracunculifolia*

Propolis consists of a resinous mixture whose components originate from exudates collected by bees from buds and flowers of various plant species. Inside the hive, bees process these exudates by combining them with their own salivary enzymes, waxes, and pollen, forming propolis. Approximately half of the composition of raw propolis consists of plant resins; the remainder includes wax, essential oils, pollen, and other organic and mineral compounds. Its chemical profile varies according to the source plant, geographic region, climate, and collection period (10,15,16).

The general chemical composition of propolis includes flavonoids, terpenes, phenols, sugars, hydrocarbons, minerals (such as calcium, manganese, zinc, copper, and iron), and vitamins (B, C, D, E, and beta-carotene). Small amounts of enzymes, originating from the bees' glands, are also observed. Flavonoids are associated with biological activities such as antibacterial, antiviral, and anti-inflammatory actions. Terpenes, which give propolis its characteristic scent, have antioxidant and antimicrobial effects and serve as an important quality indicator. Cinnamic acids and other phenolic acids present, especially in green propolis, are directly linked to their antimicrobial activity (12,17).

Estudos *in vitro* de Nazarro et al. (2013) revelaram que o óleo essencial de *B. dracunculifolia* apresenta potencial antimicrobiano para uso clínico, atuando contra bactérias gram-positivas e gram-negativas, quer isoladamente quer em sinergia com antibióticos. No entanto, importa salientar que as bactérias gram-negativas são geralmente mais resistentes a óleos essenciais e extratos de plantas, fato atribuído à complexidade da sua parede celular, que difere significativamente das bactérias gram-positivas (14).

A composição de extratos e óleos essenciais de plantas é susceptível a variações naturais, as quais podem impactar diretamente as suas atividades biológicas. Tais variações são atribuídas a diversos fatores, incluindo a idade e a parte da planta utilizada, a localização geográfica, a composição química do solo, a disponibilidade hídrica, as variações de temperatura, a exposição à luz solar, a presença de bactérias, vírus, fungos ou parasitas, bem como o método de extração e as condições de armazenamento (13).

Própolis verde derivado da *B. dracunculifolia*

A própolis consiste numa mistura resinosa, cujos componentes têm origem em exsudados recolhidos por abelhas em gomos e flores de diferentes espécies vegetais. Na colmeia, as abelhas processam esses exsudados, combinando-os com as suas próprias enzimas salivares, ceras e pólen, formando a própolis. Cerca de metade da composição da própolis bruta é representada por resinas vegetais, sendo a outra parte composta por cera, óleos essenciais, pólen e outros compostos orgânicos e minerais. O seu perfil químico varia de acordo com a planta de origem, a região geográfica, o clima e o período de recolha (10,15,16).

A composição química geral da própolis inclui flavonoides, terpenos, fenóis, açúcares, hidrocarbonetos, minerais (como cálcio, manganês, zinco, cobre e ferro) e vitaminas (B, C, D, E e betacaroteno). Pequenas quantidades de enzimas provenientes das glândulas das abelhas também são observadas. Os flavonoides estão associados a atividades biológicas como a ação antibacteriana, antiviral e anti-inflamatória. Os terpenos, responsáveis pelo odor característico da própolis, apresentam efeitos antioxidantes e antimicrobianos, sendo considerados um importante indicador de qualidade. Os ácidos cinâmicos e outros ácidos fenólicos presentes, especialmente na própolis verde, estão diretamente relacionados com a sua ação antimicrobiana (12,17).

There are four main types of propolis: Brazilian, Cuban, Taiwanese, and European. Green or Brazilian propolis is derived from the *B. dracunculifolia* plant. *Apis mellifera* bees pollinate and collect resin from the vegetative apexes of this species to produce green propolis. This variety is rich in phenolic acids and terpenes, as is the *B. dracunculifolia* species. Its dark green coloration explains the origin of the term «green propolis». Both *B. dracunculifolia* and green propolis are used orally and topically (11,15,18,19).

Over 200 chemical compounds have been identified in green propolis, with artepillin-C (3,5-diprenyl-4-hydroxycinnamic acid) being the main bioactive compound in this variety (16). Other important chemical markers include baccharin and *p*-coumaric acid. Most of the pharmacological actions of green propolis are related to the main chemical compounds found in *B. dracunculifolia*: flavonoids (isosakuranetin, 4'-methyl ether aromadendrin) (Figures 4A and 4B), terpenes (baccharin) (Figure 3A), and phenolic acids (artepillin-C and *p*-coumaric acid) (Figures 3B and 3C) (10).

Artepillin-C imparts the bitter and pungent taste to green propolis, a characteristic feature of phenolic acids. The concentration of Artepillin-C is five times higher in green propolis than in the *B. dracunculifolia* plant (1), and is associated with its antioxidant, anti-inflammatory, antidiabetic, antimicrobial, neuroprotective, gastroprotective, immunomodulatory, and anticancer effects (19,20).

Existem quatro tipos principais de própolis: brasileira (verde), cubana, taiwanesa e europeia. A própolis verde, ou própolis brasileira, tem como fonte botânica a planta *B. dracunculifolia*. As abelhas *Apis mellifera* polinizam e recolhem resina dos ápices vegetativos desta espécie para a produção da própolis verde. Esta variedade é rica em ácidos fenólicos e diterpenos, tal como a espécie *B. dracunculifolia*. A sua coloração verde-escura explica a origem do termo própolis verde. Tanto a *B. dracunculifolia* como a própolis verde apresentam uso oral e tópico (11,15,18,19).

Mais de 200 compostos químicos foram identificados na própolis verde ou brasileiro, sendo a artepilina-C (3,5-diprenil-4-hidroxicinâmico) o principal composto bioativo presente nesta variedade (16). Outros marcadores químicos importantes incluem a bacarina e o ácido *p*-cumárico. A maioria das ações farmacológicas da própolis verde está relacionada com os principais compostos químicos encontrados na *B. dracunculifolia*: flavonoides (isosakuranetina, éter 4-metil-aromadendrina) (Figures 4A and 4B), terpenos (bacarina) (Figura 3A) e ácidos fenólicos (artepilina-C e ácido *p*-cumárico) (Figuras 3B and 3C) (10).

A artepilina-C confere à própolis verde o sabor amargo e picante, característica típica dos ácidos fenólicos. Esta substância encontra-se numa concentração cinco vezes superior na própolis verde em comparação com a planta *B. dracunculifolia* (1). Este composto fenólico está associado a importantes atividades biológicas da própolis verde, como antioxidante, anti-inflamatória, antidiabética, antimicrobiana, neuroprotetora, gastroprotetora, imunomoduladora e anticancerígena (19,20).

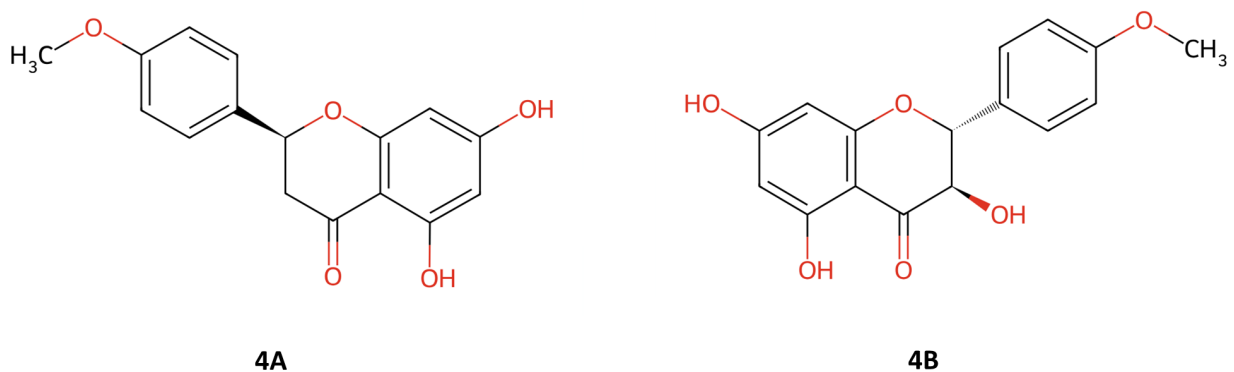


Figure 4 - Chemical structures of [A] isosakuranetin (IUPAC: (2S)-5,7-dihydroxy-2-(4-methoxyphenyl)-2,3-dihydrochromen-4-one) and [B] 4'-methyl ether aromadendrin (IUPAC: (2R,3R)-3,5,7-Trihydroxy-2-(4-methoxyphenyl)-2,3-dihydro-4H-chromen-4-one) (62,63).

Figura 4 - Estruturas químicas da [A] isosakuranetina (IUPAC: (2S)-5,7-di-hidroxi-2-(4-metoxifenil)-2,3-dihidrocromen-4-ona) e [B] do éter 4-metil-aromadendrina (IUPAC: (2R,3R)-3,5,7-trihidroxi-2-(4-metoxifenil)-2,3-di-hidro-4H-cromen-4-ona) (62,63).

An *in vitro* experiment conducted by Veiga et al. (2017) compared the ethanolic extract of green propolis with other preparations (alcoholic extract of *B. dracunculifolia*, hexane extract of *B. dracunculifolia*, and hexane extract of green propolis). The ethanolic extract of green propolis demonstrated the highest antimicrobial and antioxidant activity. The authors concluded that these effects likely result from the synergistic action of artemillin-C with other components, since the *B. dracunculifolia* extracts contained lower levels of artemillin-C than green propolis (21).

With the aim of creating alternatives to the hydroalcoholic extract of green propolis, Berretta et al. (2023) developed and characterized three new formulations: polar propolis fraction (PPF), soluble dry propolis extract (SDPE), and microencapsulated propolis extract (MPE). The research focused on obtaining dry extracts that are more stable, less hygroscopic, and low-cost for use in the pharmaceutical and food industries (22).

The PPF, a purified mass, showed notable concentrations of caffeic and *p*-coumaric acids, along with greater antioxidant and antimicrobial activity. The composition of SDPE and MPE was similar to that of the hydroalcoholic extract, but with distinct sensory profiles. The MPE (40% propolis in arabic gum) exhibited rapid dispersion and milder sensory characteristics (taste, smell, and color) compared to the SDPE (80% propolis in maltodextrin), which, although water-soluble, had a pronounced bitter taste. The authors emphasize the need for further studies to assess the safety of these formulations (22).

Pharmacological Properties of *B. dracunculifolia* and Green Propolis

Antioxidant property

B. dracunculifolia: The aqueous extract of *B. dracunculifolia* exhibited antioxidant activity approximately 100 times greater than its essential oil, indicating a stronger antioxidant action from the compounds present in this type of extract. However, in the comparative *in vitro* study by Veiga et al. (2017), the green propolis extract showed greater antioxidant activity than the *B. dracunculifolia* extract and contained higher concentrations of phenols and flavonoids (21,23). The compounds β -pinene and (E)-nerolidol, present in the plant's essential oil, were linked to this activity (2,8).

Um experimento *in vitro* realizado por Veiga et al. (2017) comparou o extrato etanólico de própolis verde com outras preparações (extrato alcoólico de *B. dracunculifolia*, extrato hexânico de *B. dracunculifolia* e extrato hexânico de própolis verde). O extrato etanólico de própolis verde demonstrou a maior atividade antimicrobiana e antioxidante. Os autores concluíram que estes efeitos provavelmente resultam da ação sinérgica da artemilina-C com outros componentes presentes, uma vez que os extratos de *B. dracunculifolia* continham menores quantidades de artemilina-C em comparação com a própolis verde (21).

Com o objetivo de criar alternativas ao extrato hidroalcoólico de própolis verde, Berretta et al. (2023) desenvolveram e caracterizaram três novas formulações: fração polar de própolis (FPP), extrato seco solúvel de própolis (ESSP) e extrato microencapsulado de própolis (EMP). A investigação visou a obtenção de extratos secos mais estáveis, menos higroscópicos e de baixo custo para aplicação nas áreas farmacêutica e alimentar (22).

A FPP, uma massa purificada, apresentou concentrações notáveis de ácidos cafeico e *p*-cumárico, além de maior atividade antioxidante e antimicrobiana. A composição do ESSP e do EMP foi semelhante à do extrato hidroalcoólico, mas com perfis sensoriais distintos. O EMP (40% de própolis em goma arábica) apresentou rápida dispersão e características sensoriais menos intensas (sabor, odor e cor) em comparação com o ESSP (80% de própolis em maltodextrina), que, embora solúvel em água, possuía um sabor amargo acentuado. Os autores salientam a necessidade de estudos adicionais para avaliar a segurança destas formulações (22).

Propriedades Farmacológicas da *B. dracunculifolia* e Propólís Verde

Propriedade antioxidante

B. dracunculifolia: O extrato aquoso de *B. dracunculifolia* apresentou atividade antioxidante cerca de 100 vezes superior em comparação com o óleo essencial, evidenciando uma maior ação antioxidante dos compostos presentes neste tipo de extrato. No entanto, num estudo comparativo *in vitro* de Veiga et al. (2017), o extrato de própolis verde apresentou maior atividade antioxidante em relação ao extrato de *B. dracunculifolia*, possuindo igualmente maiores concentrações de fenóis e flavonoides (21,23). Os compostos β -pineno e (E)-nerolidol, presentes no óleo essencial da planta, foram relacionados com esta atividade (2,8).

In various studies evaluating the antioxidant profile, fractions with higher amounts of flavonoids were observed to possess greater antioxidant potential. The antioxidant activity of flavonoids occurs through their binding to free radicals, which protects the cell membrane from lipid peroxidation. The presence of phenolic compounds is also associated with this antioxidant action, owing to their chemical structure which eliminates free radicals. Both phenolic compounds and flavonoids are present in considerable amounts in *B. dracunculifolia*, and both act by inhibiting oxidative stress in cells (15,21,24).

Due to the antioxidant properties of *B. dracunculifolia*, Zanela et al. (2021) developed a biodegradable packaging material containing powdered leaves of the plant along with other components such as cassava starch, glycerol, and poly(butylene adipate-co-terephthalate). The films proved effective for packaging fatty, alcoholic, or aqueous foods, although they were not suitable for acidic foods. The antioxidant activity of the packaging was proportional to the concentration of the plant, and the production process is economically viable for large-scale use, as the dried and ground leaves were used directly without the need for extraction steps (29).

Green propolis: In an analysis conducted by Vieira et al. (2023), the chemical profiles and antioxidant activity of aqueous extracts of green, brown, and dark propolis were evaluated. The study revealed that green propolis exhibited the highest antioxidant capacity and the greatest concentration of phenolic compounds compared to the others. The variation in the phenolic composition of green propolis observed in different studies may be attributed to factors such as the extraction method, region of origin, and seasonality (15,22).

Different methods for extracting antioxidant compounds from green propolis determined that higher temperatures (75 °C) improved the extraction of antioxidants but reduced the flavonoid content. Samples processed at a moderate temperature (50 °C), combined with ultrasound-assisted extraction, showed greater antioxidant activity and a higher total content of phenolic acids (5).

Oxidative stress is a condition associated with diabetes and other inflammatory diseases, due to an imbalance between low levels of endogenous and exogenous antioxidants and high production of reactive species. In a randomized clinical trial, diabetic patients were administered 900 mg/day of green propolis for a

Em diferentes estudos que avaliaram o perfil antioxidante, observou-se que as frações contendo maiores quantidades de flavonoides são as que apresentam maior potencial antioxidante. A atividade antioxidante dos flavonoides ocorre através da ligação a radicais livres, protegendo a membrana celular da peroxidação lipídica. A presença de compostos fenólicos também está associada a esta ação antioxidante, devido à sua estrutura química, que permite a eliminação de radicais livres. Tanto os compostos fenólicos como os flavonoides estão presentes em quantidades consideráveis na *B. dracunculifolia*, e ambos atuam inibindo o stress oxidativo nas células (15, 21, 24).

Devido à propriedade antioxidante da *B. dracunculifolia*, Zanela et al. (2021) desenvolveram uma embalagem biodegradável contendo o pó da folha da planta, juntamente com outros constituintes, como fécula de mandioca, glicerol e poli(butileno adipato-co-tereftalato). Os filmes demonstraram ser eficazes para embalar alimentos gordurosos, alcoólicos ou aquosos, embora não sejam adequados para alimentos ácidos. A atividade antioxidante das embalagens foi proporcional à concentração da planta, e o processo de produção revelou-se economicamente viável à escala industrial, uma vez que as folhas secas e moídas foram utilizadas diretamente, sem necessidade de etapas de extração (29).

Propólis verde: Numa análise realizada por Vieira et al. (2023), foram avaliados os perfis químicos e a atividade antioxidante dos extratos aquosos de própolis verde, castanha e escura. O estudo revelou que a própolis verde exibiu maior capacidade antioxidante e maior teor de compostos fenólicos em comparação com as demais. A variação na composição fenólica da própolis verde, observada em diferentes investigações, pode ser atribuída a variáveis como o método de extração, a região de origem e a sazonalidade (15,22).

Diferentes métodos de extração de compostos antioxidantes da própolis verde, determinou que temperaturas mais elevadas (75%) melhoravam a extração de antioxidantes, mas reduziam o teor de flavonoides. Amostras processadas a uma temperatura moderada (50 °C), em conjunto com a extração assistida por ultrassons, apresentaram maior atividade antioxidante e maior teor total de ácidos fenólicos (5).

O estresse oxidativo é uma condição associada ao diabetes, e outras doenças inflamatórias, devido ao desbalanço entre a baixa de antioxidantes endógenos e exógenos, e alta produção de espécies reativas. Num ensaio clínico randomizado, pacientes diabéticos

period of 18 weeks. The results showed an increase in glutathione (GSH) levels and polyphenols in the blood, suggesting that the compounds in propolis act as antioxidants in the body. However, the extract did not have a significant impact on parameters such as glucose, glycated hemoglobin, or insulin. Despite the limitations of the study, the findings indicate that green propolis may improve antioxidant activity in patients with type 2 diabetes (25).

In another study, Saito et al. (2015) evaluated the aqueous extract of green propolis for its protective effects against oxidative stress caused by ultraviolet A (UVA) radiation, one of the main factors in skin aging. Pre-treatment of cells with the extract increased the expression of heme oxygenase-1, an antioxidant protein, following UVA exposure. Three compounds in the extract—chlorogenic acid, 3,4-di-O-caffeoylquinic acid, and 3,5-di-O-caffeoylquinic acid—also regulated the expression of this protein. Additionally, the green propolis extract accelerated the activation of Nrf2, a transcription factor that protects the skin and other organs from oxidative stress. The early regulation of these protective proteins likely contributes to the protective effect of green propolis against UVA-induced cell death in skin fibroblasts (26,27).

In a study using human neuroblastoma cell cultures, Ni et al. (2017) evaluated the effect of green propolis on oxidative stress related to neurodegenerative diseases. The research investigated how green propolis influences oxidative stress, brain-derived neurotrophic factor (BDNF), the cytoskeletal protein Arc, and other factors related to synaptic efficacy. Pre-treatment with propolis reduced oxidative stress and prevented synaptic dysfunction caused by neurodegenerative damage (28).

Anti-inflammatory property

B. dracunculifolia: Figueiredo-Rinhel et al. (2017) reported that the hydroalcoholic extract of *B. dracunculifolia* selectively modulates neutrophil activity without impairing immune defense. The study also demonstrated that caffeic acid contributes to the reduction of reactive oxygen species, shedding light on one of the plant's immunomodulatory mechanisms of action (30).

França et al. (2022) evaluated the hydroalcoholic extract of *B. dracunculifolia* (HAEBD) in a mouse model of induced ulcerative colitis. Oral treatment with HAEBD (300 mg/kg) for 12 days demonstrated anti-inflammatory and antioxidant activity in the colon, reducing markers such as myeloperoxidase and IL-

administraram 900 mg/dia de própolis verde pelo período de 18 semanas. Os resultados demonstraram um aumento dos níveis de glutathione (GSH), e de polifenóis no sangue, sugerindo que os compostos da própolis atuam como antioxidantes no organismo. No entanto, o extrato não teve impacto significativo em parâmetros como glicose, hemoglobina glicada ou insulina. Apesar das limitações do estudo, os resultados indicam que a própolis verde pode melhorar a atividade antioxidante em doentes com DM2 (25).

Noutro estudo, Saito et al. (2015) avaliaram o extrato aquoso de própolis verde na proteção contra o stress oxidativo causado pela radiação ultravioleta A (UVA), um dos principais fatores do envelhecimento cutâneo. O pré-tratamento celular com o extrato aumentou a expressão da heme-oxigenase-1, uma proteína antioxidante, após a exposição à UVA. Três compostos do extrato (ácido clorogénico, ácido 3,4-di-O-cafeoilquínico e ácido 3,5-di-O-cafeoilquínico) também regularam a expressão desta proteína. O extrato de própolis verde acelerou igualmente a ativação do Nrf2, um fator de transcrição que protege a pele e outros órgãos do stress oxidativo. A regulação antecipada destas proteínas protetoras contribui, provavelmente, para o efeito protetor da própolis verde contra a morte celular de fibroblastos cutâneos induzida pela radiação UVA (26,27).

Num estudo com cultura de células de neuroblastoma humano, Ni et al. (2017) avaliaram o efeito da própolis verde no stress oxidativo associado a doenças neurodegenerativas. A investigação analisou a influência da própolis verde no stress oxidativo, no fator neurotrófico derivado do cérebro (BDNF), na proteína do citoesqueleto Arc e noutros fatores de eficácia sináptica. O pré-tratamento com própolis reduziu o stress oxidativo e preveniu a disfunção sináptica causada por danos neurodegenerativos (28).

Propriedade anti-inflamatória

B. dracunculifolia: Figueiredo-Rinhel et al. (2017) referiram que o extrato hidroalcoólico de *B. dracunculifolia* modula seletivamente a atividade dos neutrófilos sem prejudicar a defesa imunitária. O estudo demonstrou ainda que o ácido cafeico contribui para a redução das espécies reativas de oxigénio, elucidando um dos mecanismos de ação imunomoduladora da planta (30).

França et al. (2022) avaliaram o extrato hidroalcoólico de *B. dracunculifolia* (EHBD) na colite ulcerativa induzida em ratos. O tratamento oral com EHBD (300 mg/kg) durante 12 dias demonstrou atividades

6. Additionally, the extract preserved mucin levels, strengthening the intestinal mucosal barrier (32).

Green propolis: The anti-inflammatory activity of propolis is likely linked to the presence of flavonoids, phenolic acids, terpenes, steroids, and amino acids. Its mechanisms of action include inhibition of the cyclooxygenase (COX) enzyme, which produces prostaglandins; neutralization of free radicals; reduction of nitric oxide and inflammatory cytokines; and immunosuppressive activity (24).

Piñeros et al. (2020) investigated the effect of green propolis in a mouse model of asthma. Daily treatment with 150 mg/kg of dry extract for 17 or 22 days suggested anti-inflammatory action, evidenced by an increase in myeloid suppressor cells and CD4+Foxp3+ regulatory T cells in the lungs. These cells play a crucial role in the negative modulation of the Th2 immune response, which characterizes allergic asthma (31).

Intestinal Microbiota and Metabolism

Green propolis: Okamura et al. (2022) conducted a preclinical study to investigate the effect of green propolis on sarcopenic obesity, a condition associated with metabolic disorders and gut microbiota imbalance. Treatment with green propolis in mice showed promising results, including improvement in dysbiosis and oxidative stress. Green propolis also increased thermogenesis and the excretion of saturated fatty acids. These effects led to a reduction in fat accumulation in the liver and muscles, preventing fatty liver disease and sarcopenic obesity itself. Additionally, there was an improvement in mitochondrial function in skeletal muscle (33).

Another preclinical study was conducted by Roquette et al. (2015) to evaluate the effects of green propolis on the gut microbiota of mice, as well as its anti-inflammatory activity. It was observed that animals fed a high-fat diet and supplemented with green propolis showed modulation of the gut microbiota toward a more normal profile. Supplementation also reduced circulating levels of lipopolysaccharides and decreased the expression of the TLR4 pathway—conditions that were exacerbated by the high-fat diet. The recognition and binding of lipopolysaccharides by TLR4 stimulate the production of pro-inflammatory

anti-inflamatória e antioxidante no cólon, reduzindo marcadores como a mieloperoxidase e a IL-6. Adicionalmente, o extrato preservou os níveis de mucina, reforçando a barreira mucosa intestinal (32).

Propólis verde: A atividade anti-inflamatória da própolis está provavelmente relacionada com a presença de flavonoides, ácidos fenólicos, terpenos, esteróides e aminoácidos. Os seus mecanismos de ação incluem a inibição da enzima ciclooxygenase (COX), responsável pela produção de prostaglandinas, a neutralização de radicais livres, a redução do óxido nítrico e de citocinas inflamatórias, bem como a atividade imunossupressora (24).

Piñeros et al. (2020) investigaram o efeito da própolis verde num modelo de asma em ratos. O tratamento diário com 150 mg/kg de extrato seco durante 17 ou 22 dias sugeriu uma ação anti-inflamatória, evidenciada pelo aumento de células supressoras mieloides e de células T reguladoras CD4+Foxp3+ nos pulmões. Estas células desempenham um papel crucial na modulação negativa da resposta imunitária Th2, característica da asma alérgica (31).

Microbiota Intestinal e Metabolismo

Própolis verde: Okamura et al. (2022) conduziram um estudo pré-clínico para investigar o efeito da própolis verde na obesidade sarcopénica, uma condição associada a distúrbios metabólicos e à microbiota intestinal. O tratamento com própolis verde em ratos demonstrou resultados promissores, como a melhoria da disbiose e do stress oxidativo. A própolis verde aumentou igualmente a termogénese e a excreção de ácidos gordos saturados. Estes efeitos conduziram a uma redução da acumulação de gordura no fígado e nos músculos, prevenindo o fígado gordo e a própria obesidade sarcopénica. Adicionalmente, observou-se uma melhoria da função mitocondrial do músculo esquelético (33).

Outro estudo pré-clínico foi conduzido por Roquette et al. (2015) para avaliar a ação da própolis verde na microbiota intestinal de ratos, bem como a sua atividade anti-inflamatória. Observou-se que os animais que receberam uma dieta rica em gordura e foram suplementados com própolis verde apresentaram modulação da microbiota intestinal próxima do perfil de normalidade. A suplementação reduziu igualmente os níveis de lipopolissacáridos circulantes e diminuiu a expressão da via TLR4, condições estas que foram exacerbadas pela administração da dieta rica em gorduras. O reconhecimento e a ligação dos lipopolissacáridos pelo TLR4 estimulam a produção de citocinas pró-

cytokines; thus, when both are reduced, cytokine expression also decreases. Additionally, administration of green propolis improved triglyceride and glucose levels (34).

Antiviral property

Green propolis: Tasca et al. (2023) conducted a double-blind, randomized clinical study to evaluate the use of green propolis (500 mg/day for 90 days) in managing oxidative stress in patients with HIV. The treatment resulted in a reduction of malondialdehyde (a product of lipid peroxidation) and a slight, though not statistically significant, increase in total antioxidant capacity. These findings suggest that green propolis may help reduce inflammation and oxidative stress in HIV patients, potentially delaying the onset of diseases commonly associated with the condition (35).

A topical patch containing green propolis was developed by Mazia et al. (2016) for the treatment of Herpes Simplex Type I lesions. *In vitro* results indicated that propolis acts primarily during the initial phase of viral replication and has a virucidal effect. In the *in vivo* stage, the patch was found to be safe for the skin and effective in reducing viral lesions in mice (36).

COVID-19

Green propolis: COVID-19, caused by the SARS-CoV-2 coronavirus, is an acute respiratory infection. Given the immunoregulatory and anti-inflammatory potential of green propolis, this product was studied in hospitalized patients with moderate to severe COVID-19 during the first wave of the virus in Brazil. When used alongside standard treatment, the extract reduced hospitalization time: from 12 days (control group) to 7 days with 400 mg/day, and to 6 days with double the dose. Additionally, the higher dose decreased the incidence of acute kidney injury. The study reported no adverse effects related to propolis (37).

In a subsequent study by the same group of researchers, patients with mild to moderate COVID-19 were included. Approximately one-third were vaccinated, and the research was conducted during the third wave of the disease in Brazil. The group treated with green propolis extract received a dose of 900 mg/day, while the control group received a placebo treatment, both for 10 days alongside standard care procedures. The 900 mg dose was equivalent to 47.7 mg of flavonoids, such as quercetin,

inflamatórias; assim, estando ambos diminuídos, ocorre uma redução da expressão dessas citocinas. Além disso, a administração da própolis verde melhorou os níveis de triacilgliceróis e de glicose (34).

Propriedade antiviral

Própolis verde: Tasca et al. (2023) conduziram um estudo clínico duplo-cego e randomizado para avaliar a utilização da própolis verde (500 mg/dia durante 90 dias) no stress oxidativo de doentes com VIH. O tratamento resultou na diminuição do malonaldeído (um produto da peroxidação lipídica) e num pequeno aumento, embora não significativo, da capacidade antioxidante total. Estes achados sugerem que a própolis verde pode ajudar a reduzir a inflamação e o stress oxidativo em doentes com VIH, possivelmente retardando o aparecimento de doenças frequentemente associadas a esta condição (35).

Um adesivo tópico contendo própolis verde foi desenvolvido por Mazia et al. (2016) para o tratamento de lesões de Herpes Simplex Tipo I. Os resultados *in vitro* indicaram que a própolis atua primariamente na fase inicial da replicação viral e possui um efeito viricida. Na etapa *in vivo*, o adesivo foi considerado inócuo para a pele e eficaz na regressão das lesões virais em ratos (36).

COVID-19

Própolis verde: A Covid-19, causada pelo coronavírus SARS-CoV-2, é uma infecção respiratória aguda. Devido ao potencial imunorregulador e anti-inflamatório da própolis verde, este produto foi estudado em doentes hospitalizados com quadros moderados a graves de Covid-19 durante a primeira onda do vírus no Brasil. O extrato, utilizado em associação com o tratamento padrão, reduziu o tempo de internamento: de 12 dias (grupo controlo) para 7 dias com 400 mg/dia, e para 6 dias com o dobro da dose. Além disso, a dose mais elevada diminuiu a lesão renal aguda. O estudo não registrou efeitos adversos relacionados com a própolis (37).

Num estudo subsequente do mesmo grupo de investigadores, foram incluídos doentes com Covid-19 ligeira a moderada. Aproximadamente um terço encontrava-se vacinado, e a investigação foi realizada durante a terceira onda da doença no Brasil. O grupo tratado com o extrato de própolis verde recebeu a dose de 900 mg/dia, enquanto o grupo controlo recebeu tratamento placebo, ambos durante 10 dias e concomitantemente aos procedimentos de cuidados padrão. A dose de 900 mg foi equivalente a 47,7 mg de flavonoides, como a quercetina, e 121,5

and 121.5 mg of phenols, such as gallic acid. However, there was no significant difference in hospitalization time. This outcome may be related to the evolution of disease treatment and the possibility that the virus's virulence had changed compared to the first wave (38,39).

When comparing the studies, the benefits of green propolis appear to be more pronounced in cases with a worse prognosis. The latest clinical trial showed a small but notable reduction of one day in hospitalization time. Additionally, propolis significantly reduced secondary infections (6.1% versus 18.9% in the control group). However, no statistically significant differences were observed in the need for oxygen supplementation or the incidence of acute kidney injury. Green propolis was considered safe, and no patients were withdrawn from the study due to adverse events (39).

Antimicrobial Property

B. dracunculifolia: Artepillin-C is frequently cited as the main compound responsible for the antimicrobial activity in hydroalcoholic extracts of *B. dracunculifolia*. Rutin, which also has broad pharmacological activity, contributes to this function. It is believed that the antimicrobial action results from the presence of a variety of phenolic compounds in the extract, including artepillin-C, caffeic acid, ferulic acid, *p*-coumaric acid, 4-methyl ether aromadendrin, baccharin, drupanin, isosakuranetin, and 2,2-dimethyl-6-carboxyethenyl-2H-1-benzopyran (13).

Salazar et al. (2018) demonstrated that the essential oil of *B. dracunculifolia* has strong antimicrobial activity, both alone and in combination with antibiotics. gram-positive and gram-negative bacteria showed sensitivity to its synergy with gentamicin, norfloxacin, and ampicillin. The oil also exhibited direct action against *Staphylococcus* strains. Its composition is dominated by terpenoids such as germacrene D, (E)-nerolidol, and β -pinene, whose toxicity disrupts bacterial cell structure and cytoplasm, explaining the antimicrobial effect (9).

Another study investigated the antibacterial activity of nanoemulsions of *B. dracunculifolia* essential oil. These systems, characterized by nanometric-sized droplets, provide greater product stability. The results revealed that the nanoemulsions had statistically lower minimum inhibitory concentration (MIC)

mg de fenóis, como o ácido gálico. No entanto, não se verificou diferença significativa no tempo de hospitalização. Este resultado pode estar relacionado com a evolução do tratamento da doença e com o fato de a virulência do vírus possivelmente ter mudado em comparação com a primeira onda (38, 39).

Ao comparar os estudos, os benefícios da própolis verde parecem ser mais notórios em casos de pior prognóstico. O último ensaio clínico mostrou uma redução pequena, mas relevante, de um dia no tempo de internamento. Além disso, a própolis reduziu significativamente as infecções secundárias (6,1% versus 18,9% no grupo controle). No entanto, não foram observadas diferenças estatisticamente relevantes na necessidade de suplementação de oxigênio ou na incidência de lesão renal aguda. A própolis verde foi considerada segura, e nenhum paciente foi retirado do estudo devido a eventos adversos (39).

Propriedade antimicrobiana

B. dracunculifolia: A artepilina-C é frequentemente referida como a principal responsável pela atividade antimicrobiana em extratos hidroalcoólicos de *B. dracunculifolia*. A rutina, que também apresenta vasta atividade farmacológica, contribui para esta função. Acredita-se que esta ação antimicrobiana resulte da presença de uma variedade de compostos fenólicos no extrato, incluindo artepilina-C, ácido cafeico, ácido ferúlico, ácido *p*-cumárico, éter 4-metil-aromadendrina, bacarina, drupanina, isosakuranetina e 2,2-dimetil-6-carboxietenil-2H-1-benzopirano (13).

Salazar et al. (2018) demonstraram que o óleo essencial de *B. dracunculifolia* apresenta uma forte atividade antimicrobiana, tanto isoladamente como em combinação com antibióticos. As bactérias gram-positivas e gram-negativas mostraram sensibilidade à sua sinergia com a gentamicina, norfloxacin e ampicilina. O óleo exibiu também ação direta contra estirpes de *Staphylococcus*. A sua composição é dominada por terpenóides como o germacrene D, (E)-nerolidol e β -pineno, cuja toxicidade destabiliza a estrutura celular e o citoplasma bacterianos, explicando o efeito antimicrobiano (9).

Outra investigação avaliou a atividade antibacteriana de nanoemulsões do óleo essencial de *B. dracunculifolia*. Estes sistemas, caracterizados por gotículas de dimensão nanométrica, conferem maior estabilidade ao produto. Os resultados revelaram que as nanoemulsões apresentaram valores de concentração mínima inibitória estatisticamente

values than the essential oil, suggesting enhanced bacteriostatic potential. For bactericidal effects, the nanoemulsions showed superior results at reduced concentrations against gram-positive bacteria *S. aureus* and *S. mutans*. In the disk diffusion assay, both the nanoemulsions and the essential oil exhibited inhibitory activity exclusively against gram-positive bacteria (40).

The essential oil of *B. dracunculifolia* also proved effective against biofilms of *Streptococcus mutans*, a major etiological agent of dental caries. The resistance of microbial biofilms to antibiotics is a major cause of therapeutic failure, as bacteria embedded in biofilms tolerate significantly higher doses than those living in isolation. A randomized clinical study conducted by Pedrazzi et al. (2016) confirmed this efficacy, demonstrating that a formulation containing hydroalcoholic extract and essential oil of *B. dracunculifolia* showed results comparable to standard dental mouthwashes in reducing dental biofilms (41,42).

Green propolis: The antimicrobial activity of propolis can be attributed to a set of compounds that, acting synergistically, interfere with bacterial cell division. This mechanism leads to cytoplasmic dysfunction, inhibiting the growth and proliferation of microorganisms. Such evidence suggests that the antimicrobial efficacy of propolis is due to the combined action of its components rather than a single isolated component (24).

Anticancer property

Green propolis: Propolis, along with its polyphenolic compounds, can be considered a promising candidate for cancer prevention and treatment due to its ability to modulate disease progression. In particular, flavonoids—a subgroup of polyphenols—demonstrate chemopreventive potential by affecting key processes such as proliferation, differentiation, and apoptosis of tumor cells (17).

In a study conducted by Endo et al. (2018), the role of green propolis components in inducing autophagy and apoptosis in tumor cells was evaluated. The research revealed that artemillin-C induced both processes in prostate cancer cells. This action was mediated by DNA fragmentation and increased expression of key enzymes in the apoptotic pathway, such as cleaved caspase-3 and poly (ADP-ribose) polymerase (43).

inferiores aos do óleo essencial, sugerindo um potencial bacteriostático melhorado. Quanto ao efeito bactericida, as nanoemulsões demonstraram resultados superiores, em concentrações reduzidas, contra as bactérias gram-positivas *S. aureus* e *S. mutans*. Já no ensaio de difusão em disco, tanto as nanoemulsões como o óleo essencial evidenciaram atividade de inibição exclusivamente contra bactérias gram-positivas (40).

O óleo essencial de *B. dracunculifolia* revelou-se igualmente eficaz contra biofilmes de *Streptococcus mutans*, um importante agente etiológico da cárie. A resistência dos biofilmes microbianos aos antibióticos é uma das principais causas de falha terapêutica, uma vez que as bactérias neles incorporadas toleram doses significativamente mais elevadas do que aquelas que vivem isoladamente. Um estudo clínico randomizado conduzido por Pedrazzi et al. (2016) corroborou esta eficácia, demonstrando que uma formulação com extrato hidroalcoólico e óleo essencial de *B. dracunculifolia* apresentou resultados comparáveis aos de colutórios odontológicos padrões na redução de biofilmes dentários (41, 42).

Propólis Verde: A atividade antimicrobiana da própolis pode ser atribuída a um conjunto de compostos que, em sinergia, interferem com a divisão celular bacteriana. Este mecanismo de ação resulta em disfunção citoplasmática, inibindo o crescimento e a proliferação de microrganismos. Estas evidências sugerem que a eficácia antimicrobiana da própolis está associada à ação combinada dos seus componentes, em vez de a um único elemento isolado (24).

Propriedade anticancerígena

Propólis verde: A própolis, juntamente com os seus compostos polifenólicos, pode ser considerada uma candidata promissora na prevenção e no tratamento do cancro, devido à sua capacidade de modular a progressão da doença. Em particular, os flavonoides, um subgrupo de polifenóis, demonstram potencial quimiopreventivo ao afetarem processos-chave como a proliferação, a diferenciação e a apoptose de células tumorais (17).

Num estudo conduzido por Endo et al. (2018), foi avaliado o papel dos componentes da própolis verde na indução de autofagia e apoptose em células tumorais. O estudo revelou que a artemilina-C induziu ambos os processos em células de cancro da próstata. Esta ação foi mediada pela fragmentação do ADN e pelo aumento da expressão de enzimas-chave da via apoptótica, como a caspase-3 clivada e a poli(ADP-ribose) polimerase (43).

The anticancer activity of artepillin-C was also evaluated by Bhargava et al. (2018), who observed its action through the activation of the p53 gene (a tumor suppressor) and the inhibition of cancer cell growth. The study also compared the isolated compound with the supercritical extract of green propolis conjugated to gamma-cyclodextrin, with the latter formulation showing greater anticancer efficacy (44).

A preclinical study conducted by Gastaldello et al. (2021) evaluated the effects of baccharin and p-coumaric acid—components of green propolis—on melanoma tumor behavior in mice. The results indicated that these isolated compounds modulate factors associated with tumor growth and progression. This occurs through the reduction of inflammatory cell recruitment in the tumor and blood regions, as well as a decrease in angiogenesis (formation of blood vessels) and the mitotic index in the neoplastic area (45).

Antiulcerogenic property

B. dracunculifolia: The traditional use of *B. dracunculifolia* for treating gastric conditions was evaluated by Costa et al. (2019) in a study involving mice with gastric ulcers. The plant's hydroalcoholic extract helped restore damaged tissue. At a dose of 300 mg/kg, administered twice daily for one week, the ulcer area was reduced by nearly 50%. Additionally, the extract increased mucin levels and antioxidant enzymes. In laboratory (*in vitro*) tests, the extract inhibited the H⁺/K⁺-ATPase enzyme. This inhibition is important for recovery, as the enzyme increases proton release, which lowers pH and activates pepsin. The study identified p-coumaric acid as the main component responsible for these beneficial effects in gastric healing (46).

Green propolis: A second study conducted by Costa et al. (2020) investigated the gastroprotective and gastric healing effects of the hydroalcoholic extract of green propolis, as well as its compound artepillin-C. In animal models with acute and chronic gastric ulcers, the extract (300 mg/kg, twice daily for seven days) proved effective by increasing mucin production, promoting cell proliferation, and restoring oxidative balance. Gastric inflammation was also reduced, as evidenced by decreased myeloperoxidase activity, suggesting a multifaceted mechanism of action. HPLC analysis confirmed that administration of isolated artepillin-C significantly accelerated the healing of gastric ulcers in the animal model (47).

A atividade anticancerígena da artepilina-C foi também avaliada por Bhargava et al. (2018), que observaram a sua ação através da ativação do gene p53 (um supressor tumoral) e da inibição do crescimento de células cancerígenas. O estudo comparou igualmente o composto isolado com o extrato supercrítico de própolis verde conjugado com gama-ciclodextrina, sendo esta última formulação a que apresentou maior eficácia anticancerígena (44).

Um estudo pré-clínico conduzido por Gastaldello et al. (2021) avaliou o efeito da bacarina e do ácido *p*-cumárico, componentes da própolis verde, sobre o comportamento tumoral do melanoma em ratos. Os resultados indicaram que estes compostos isolados modulam fatores associados ao crescimento e à progressão tumoral. Tal ocorre através da redução do recrutamento de células inflamatórias nas áreas tumorais e no sangue, bem como da diminuição da angiogênese (formação de vasos sanguíneos) e do índice mitótico na região neoplásica (45).

Propriedade antiulcerogênica

B. dracunculifolia: O uso tradicional de *B. dracunculifolia* no tratamento de afecções gástricas foi avaliado por Costa et al. (2019) num estudo com ratos portadores de úlceras gástricas. O extrato hidroalcoólico da planta contribuiu para a restauração do tecido danificado. Com uma dose de 300 mg/kg, duas vezes por dia, durante uma semana, a área ulcerada foi reduzida em cerca de 50%. Para além disso, o extrato aumentou os níveis de mucina e de enzimas antioxidantes. Em ensaios *in vitro*, o extrato inibiu a enzima H⁺/K⁺-ATPase. Esta inibição é relevante para a recuperação, uma vez que esta enzima aumenta a libertação de prótons, reduzindo o pH e ativando a pepsina. O estudo identificou o ácido *p*-cumárico como o principal componente do extrato responsável por estes efeitos benéficos na recuperação gástrica (46).

Propólis Verde: Um segundo estudo conduzido por Costa et al. (2020) investigou os efeitos gastroprotetores e de recuperação gástrica do extrato hidroalcoólico da própolis verde, bem como do seu composto artepilina-C. Em modelos animais de úlcera gástrica aguda e crónica, o extrato (300 mg/kg, duas vezes por dia, durante sete dias) demonstrou eficácia ao aumentar a produção de mucina, promover a proliferação celular e restabelecer o equilíbrio oxidativo. Observou-se igualmente a redução da inflamação gástrica, através da diminuição da atividade da mieloperoxidase, sugerindo um mecanismo de ação multifacetado. A análise por HPLC confirmou que a administração

Antiparasitic properties

B. dracunculifolia: The antiparasitic activity of *B. dracunculifolia* and green propolis remains largely unexplored, although *in vitro* and *in vivo* studies indicate its potential for action. The use of the species as an antiparasitic is part of traditional folk medicine (6).

Green propolis: A study conducted by Rebouças-Silva et al. (2023) investigated the leishmanicidal and immunomodulatory effects of green propolis extract and a gel formulation. In the *in vitro* phase, the extract reduced inflammatory mediators and increased the expression of antioxidant enzymes and TNF- α levels, indicating a possible reduction in parasite load. In the *in vivo* phase, the gel containing the extract controlled the progression of leishmaniasis in mice infected with *Leishmania amazonensis*, resulting in a reduction in lesion size. However, no statistically significant differences were observed in parasite load or inflammation, which may be attributed to the delayed analysis of the animals' immunological profile (48).

In another study, Salomão et al. (2011) evaluated the effects of green propolis on *Trypanosoma cruzi*. The *in vitro* study showed that the amastigote form of the parasite was more sensitive to the extract than the epimastigote form. Green propolis had a more pronounced effect on trypomastigotes, the infectious form for vertebrates, causing loss of plasma membrane integrity. In the *in vivo* phase, oral administration of the extract in mice resulted in a reduction in parasitemia, although not statistically significant. The treatment was also associated with increased survival of the animals and did not induce hepatic, muscular, or renal toxicity (49).

Ecological importance

B. dracunculifolia: *B. dracunculifolia* is a shrub native to Brazil with widespread distribution in the Cerrado and Atlantic Forest, growing rapidly in degraded areas. Although it was historically classified as an invasive plant and removed from pastures, its ecological role has been re-evaluated. Today, the plant is recognized for its importance in environmental restoration, given its resilience to adverse conditions such as poor soil, heat, cold, wind, and humidity (1,50).

isolada de artepilina-C acelerou significativamente a cicatrização das úlceras gástricas no modelo animal (47).

Propriedades antiparasitárias

B. dracunculifolia: A atividade antiparasitária de *B. dracunculifolia* e da própolis verde permanece pouco explorada; contudo, existem estudos *in vitro* e *in vivo* que indicam o seu potencial de ação. A utilização da espécie como antiparasitário integra a medicina tradicional popular (6).

Própolis Verde: Um estudo conduzido por Rebouças-Silva et al. (2023) investigou os efeitos leishmanicidas e imunomoduladores do extrato de própolis verde e de uma formulação em gel. Na fase *in vitro*, o extrato reduziu mediadores inflamatórios e aumentou a expressão de enzimas antioxidantes e os níveis de TNF- α , indicando uma possível redução da carga parasitária. Na fase *in vivo*, o gel contendo o extrato controlou a progressão da leishmaniose em ratos infectados com *Leishmania amazonensis*, resultando na redução do tamanho das lesões. No entanto, não se observou uma diferença estatisticamente significativa na carga parasitária ou na inflamação, o que pode ser atribuído à análise tardia do perfil imunológico dos animais (48).

Num outro estudo, Salomão et al. (2011) avaliaram os efeitos da própolis verde sobre *Trypanosoma cruzi*. O estudo *in vitro* demonstrou que a forma amastigota do parasita foi mais sensível ao extrato do que a forma epimastigota. A própolis verde apresentou um efeito mais pronunciado sobre as tripomastigotas, a forma infecciosa para vertebrados, causando perda da integridade da membrana plasmática. Na fase *in vivo*, a administração oral do extrato em ratos resultou numa redução da parasitemia, embora não significativa. O tratamento esteve igualmente associado ao aumento da sobrevivência dos animais e não induziu toxicidade hepática, muscular ou renal (49).

Importância ecológica

B. dracunculifolia: O arbusto *B. dracunculifolia* é uma espécie nativa do Brasil, com ampla distribuição no Cerrado e na Mata Atlântica, crescendo rapidamente em áreas degradadas. Embora tenha sido historicamente classificada como planta invasora e removida de áreas de pastagem, o seu papel ecológico tem vindo a ser reavaliado. Atualmente, a planta é reconhecida pela sua relevância na recuperação ambiental, dada a sua resiliência a condições adversas de solo, calor, frio, vento e humidade (1,50).

Several studies suggest that *B. dracunculifolia* may act as a phytoremediator, capable of restoring contaminated soils by removing or immobilizing organic and inorganic pollutants. There are also prospects for its use in phytosanitary control, which could serve as a sustainable alternative to synthetic pesticides, benefiting public health and small-scale farming (1,51).

The restorative potential of the species was demonstrated by Siqueira et al. (2022) in a degraded area over an 18-month period. The study compared a control area (without intervention) with an area where *B. dracunculifolia* seedlings were planted, resulting in increased plant species diversity and a significant reduction in invasive species within the planting zone (9).

Afonso et al. (2022) investigated the phytoremediation potential of *B. dracunculifolia* in a copper mining waste area. The study revealed that the plant is promising for lead phytoextraction and for the phytostabilization of other chemical elements such as copper, zinc, and barium. Compared to *Baccharis trimera*, *B. dracunculifolia* showed effective performance, although *B. trimera* was more efficient in metal decontamination, with both species accumulating high concentrations in their roots (51).

Negreiros et al. (2014) evaluated how different nutrient levels affect the growth and survival of *B. dracunculifolia*. The research showed that increased nutrient availability reduced seedling survival but enhanced biomass and growth rate. The study concluded that the species can adapt to various soil conditions, growing better in nutrient-rich soils and surviving more effectively in nutrient-poor soils, a capacity attributed to its high phenotypic variability (50).

Insecticidal Effect

Brazil ranks among the world's leading consumers of agrochemicals. The use of these agricultural pesticides is linked to the contamination of food, animals, and water resources, with serious impacts on human and environmental health. In response to this issue, plants have been investigated as promising sources of new fungicides. Due to their diverse chemical groups and lower toxicity, they represent a sustainable alternative for pest and disease control, helping to reduce environmental damage (52,55).

Diversos estudos sugerem que *B. dracunculifolia* pode atuar como fitorremediadora, sendo capaz de restaurar solos contaminados através da remoção ou imobilização de poluentes orgânicos e inorgânicos. Existem também perspectivas para a sua utilização no controle fitossanitário, o que pode constituir uma alternativa sustentável ao uso de pesticidas sintéticos, beneficiando a saúde pública e a agricultura familiar (1,51).

O potencial restaurador da espécie foi demonstrado por Siqueira et al. (2022) numa área degradada, ao longo de um período de 18 meses. O estudo comparou uma área de controlo (sem intervenção) com uma área onde foram plantadas mudas de *B. dracunculifolia*, resultando num aumento da diversidade de espécies vegetais e numa redução significativa de espécies invasoras na área intervencionada (9).

Afonso et al. (2022) investigaram o potencial de fitorremediação de *B. dracunculifolia* numa área de rejeitos de mineração de cobre. O estudo revelou que a planta é promissora na fitoextração de chumbo e na fitoestabilização de outros elementos químicos, como cobre, zinco e bário. Em comparação com *Baccharis trimera*, *B. dracunculifolia* apresentou um desempenho eficaz, embora *B. trimera* tenha sido mais eficiente na descontaminação de metais, com ambas as espécies a acumularem elevadas concentrações nas raízes (51).

Outro estudo realizado por Negreiros et al. (2014) avaliou a influência de diferentes níveis de nutrientes no crescimento e na sobrevivência de *B. dracunculifolia*. A investigação demonstrou que o aumento de nutrientes reduziu a sobrevivência das mudas, mas aumentou a biomassa e a taxa de crescimento. O estudo concluiu que a espécie consegue adaptar-se a diferentes condições edáficas, crescendo melhor em solos ricos em nutrientes e sobrevivendo mais em solos pobres, uma capacidade atribuída à sua elevada variabilidade fenotípica (50).

Efeito inseticida

O Brasil figura entre os principais consumidores mundiais de agroquímicos. A aplicação destes produtos está associada à contaminação de alimentos, animais e recursos hídricos, com impactos significativos na saúde humana e ambiental. Em resposta a esta problemática, as plantas têm sido investigadas como fontes promissoras de novos fungicidas. Devido à diversidade dos seus grupos químicos e à menor toxicidade, representam uma alternativa sustentável para o controlo de pragas e doenças, reduzindo os danos ambientais (52, 55).

B. dracunculifolia: The study conducted by Da Silva et al. (2017) investigated the insecticidal potential of the ethanolic extract of *B. dracunculifolia* against *Spodoptera frugiperda* and *Aedes aegypti*. For *S. frugiperda*, a major corn pest, the extract increased the duration of the larval stage, reduced pupal weight, and elevated larval mortality. In the case of *A. aegypti*, a vector of diseases such as dengue and chikungunya, the treatment delayed larval and pupal development, significantly impacting mortality rates (53).

In another investigation, Alves et al. (2018) investigated the essential oil of *B. dracunculifolia* against larvae of *Culex quinquefasciatus*, a common mosquito that transmits lymphatic filariasis. The oil proved to be a promising insecticide, with an effective lethal dose compared to other insecticides. Phytochemical analysis identified (E)-nerolidol as the main component, associated with larvicidal activity. The study also observed that the essential oil caused histological alterations in the midgut of the larvae and inhibited acetylcholinesterase, an enzyme vital for insect survival, leading to paralysis and death (54).

In an *in vitro* study, Marques Fonseca et al. (2015) reported the effectiveness of *B. dracunculifolia* essential oil in suppressing phytopathogenic fungi that affect economically important crops such as beans and potatoes. At a concentration of 3000 mg/L, the essential oil completely inhibited the growth of *Rhizoctonia solani*, *Sclerotium rolfsii*, and *Sclerotinia minor*. Lower concentrations also proved effective in inhibiting various fungi (55).

Other *in vitro* studies have reinforced the insecticidal potential of the plant's essential oil. It demonstrated activity against the blowfly (*Cochliomyia macellaria*), an ectoparasite of livestock, and *Sitophilus zeamais*, the main pest of stored corn grains. Thus, the essential oil of *B. dracunculifolia* emerges as a promising, low-cost, and environmentally viable alternative for insect and pest control (56,57).

Conclusion

Baccharis dracunculifolia stands out as a species of high scientific and technological relevance, presenting a broad range of biological activities that support its potential application in the fields of pharmacology, cosmetology, functional foods, and ecology. The studies analyzed demonstrate that both

B. dracunculifolia: O estudo de Da Silva et al. (2017) investigou o potencial inseticida do extrato etanólico de *B. dracunculifolia* sobre *Spodoptera frugiperda* e *Aedes aegypti*. No caso de *S. frugiperda*, uma praga do milho, o extrato aumentou a duração do estágio larvar, reduziu o peso das pupas e aumentou a mortalidade das larvas. Relativamente a *A. aegypti*, vector de doenças como a dengue e a chikungunya, o tratamento atrasou o desenvolvimento larvar e pupal, afetando significativamente a mortalidade (53).

Noutra investigação, Alves et al. (2018) estudaram o óleo essencial de *B. dracunculifolia* contra larvas de *Culex quinquefasciatus*, um mosquito comum transmissor da filariose linfática. O óleo revelou-se um inseticida promissor, apresentando uma dose letal eficaz quando comparado com outros inseticidas. A análise fitoquímica identificou o (E)-nerolidol como o principal componente, associado à atividade larvicida. O estudo demonstrou ainda que o óleo essencial provocou alterações histológicas no intestino médio das larvas e inibiu a acetilcolinesterase, uma enzima vital para a sobrevivência dos insetos, conduzindo à paralisia e morte (54).

Num estudo *in vitro*, Marques Fonseca et al. (2015) relataram a eficácia do óleo essencial de *B. dracunculifolia* na supressão de fungos fitopatogênicos que afetam culturas de relevância económica, como o feijão e a batata. Na concentração de 3000 mg/L, o óleo essencial inibiu totalmente o crescimento de *Rhizoctonia solani*, *Sclerotium rolfsii* e *Sclerotinia minor*. Concentrações mais baixas também se revelaram eficazes na inibição de diferentes fungos (55).

Outros estudos *in vitro* reforçaram o potencial inseticida do óleo essencial da planta. Foi demonstrada atividade contra a mosca-varejeira (*Cochliomyia macellaria*), um ectoparasita de animais de produção, e contra *Sitophilus zeamais*, a principal praga dos grãos de milho armazenados. Deste modo, o óleo essencial de *B. dracunculifolia* surge como uma alternativa promissora, de baixo custo e ecologicamente viável, para o controlo de insetos e pragas (56, 57).

Conclusão

Baccharis dracunculifolia destaca-se como uma espécie de elevada relevância científica e tecnológica, apresentando um conjunto amplo de atividades biológicas que sustentam o seu potencial de aplicação nas áreas da farmacologia, cosmetologia, alimentos funcionais e ecologia. Os estudos

the plant's extracts and essential oils, as well as the green propolis derived from it, exhibit antioxidant, anti-inflammatory, antimicrobial, antiviral, anticancer, gastroprotective, antiparasitic, and insecticidal properties, mainly associated with the presence of flavonoids, phenolic acids, and terpenes.

Despite the growing volume of experimental evidence, the current literature presents important limitations. Most available studies are of an *in vitro* or preclinical nature, with a still limited number of well-controlled clinical trials, which restricts the direct extrapolation of results to clinical practice. Additionally, there is considerable methodological heterogeneity among studies, particularly regarding the botanical origin of plant material, extraction methods, chemical characterization of extracts, and doses used, making direct comparisons and formulation standardization difficult. The natural chemical variability of *B. dracunculifolia*, influenced by environmental and seasonal factors, also represents a significant challenge for reproducibility.

In this context, future research should prioritize the development of chemically standardized extracts and formulations, as well as the detailed elucidation of the molecular mechanisms underlying the observed biological activities, including structure–activity relationship studies. Randomized controlled clinical trials are essential to validate the efficacy and safety of using *B. dracunculifolia* and green propolis in humans, particularly for therapeutic and preventive applications. In parallel, long-term toxicological studies and pharmacokinetic evaluations are necessary to support the safe use of these products.

From an environmental perspective, *B. dracunculifolia* plays an important role in the restoration of degraded areas, in the phytoremediation of contaminated soils, and as a sustainable alternative to synthetic pesticides, reinforcing its ecological and socioeconomic importance. Thus, integrating multidisciplinary approaches that combine pharmacological, environmental, and technological research may maximize the sustainable use of this species, while simultaneously contributing to scientific innovation, environmental conservation, and the development of high-value natural products.

analisados demonstram que tanto os extratos e óleos essenciais da planta como a própolis verde dela derivada exibem propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias, antimicrobianas, antivirais, anticancerígenas, gastroprotetoras, antiparasitárias e inseticidas, associadas principalmente à presença de flavonoides, ácidos fenólicos e terpenos.

Apesar do volume crescente de evidências experimentais, a literatura atual apresenta limitações importantes. A maioria dos estudos disponíveis é de natureza *in vitro* ou pré-clínica, com um número ainda reduzido de ensaios clínicos bem controlados, o que limita a extrapolação direta dos resultados para a prática clínica. Adicionalmente, observa-se uma elevada heterogeneidade metodológica entre os estudos, nomeadamente quanto à origem botânica do material vegetal, aos métodos de extração, à caracterização química dos extratos e às doses utilizadas, dificultando comparações diretas e a padronização de formulações. A variabilidade química natural da *B. dracunculifolia*, influenciada por fatores ambientais e sazonais, constitui igualmente um desafio relevante para a reprodutibilidade dos resultados.

Nesse contexto, futuras investigações deverão priorizar o desenvolvimento de extratos e formulações quimicamente padronizados, bem como a elucidação detalhada dos mecanismos moleculares subjacentes às atividades biológicas observadas, incluindo estudos de relação estrutura–atividade. Ensaios clínicos randomizados e controlados são essenciais para validar a eficácia e a segurança do uso da *B. dracunculifolia* e da própolis verde em humanos, particularmente em aplicações terapêuticas e preventivas. Paralelamente, estudos toxicológicos de longo prazo e avaliações farmacocinéticas são necessários para apoiar o uso seguro destes produtos.

Do ponto de vista ambiental, a *B. dracunculifolia* demonstra um papel relevante na recuperação de áreas degradadas, na fitorremediação de solos contaminados e como alternativa sustentável a pesticidas sintéticos, reforçando a sua importância ecológica e socioeconômica. Assim, a integração de abordagens multidisciplinares que combinem investigação farmacológica, ambiental e tecnológica poderá maximizar o aproveitamento sustentável desta espécie, contribuindo simultaneamente para a inovação científica, a conservação ambiental e o desenvolvimento de produtos naturais de elevado valor agregado.

Authors Contributions Statement

MO – Main author, research, manuscript preparation (writing, editing, etc.) ; AM – Supervision, critical review of content, and approval of the final version.; CM – Supervision, critical review of content, and approval of the final version.

Funding

Not applicable.

Conflict of Interests

The author declares there are no financial and/or personal relationships that could present a potential conflict of interest. The editor involved in this manuscript's authorship had no participation in the review or decision process

Declaração sobre as contribuições do autor

MO – Autora principal, pesquisa e elaboração do manuscrito (redação, edição, etc.); AM – Supervisão, revisão crítica e aprovação da versão final.; CM – Supervisão, revisão crítica e aprovação da versão final

Financiamento

Não se aplica.

Conflito de Interesses

As autoras declaram que não há relações financeiras e/ou pessoais que possam representar um potencial conflito de interesses. A editora envolvida na autoria deste manuscrito não participou no processo de revisão ou decisão.

References / Referências

1. Fernandes, G. W., Angrisano, P., & Oki, Y. (2022). *Alecrim* (1st ed.). Retina.
2. Tomazzoli, M. M., Amaral, W., Cipriano, R. R., Tomasi, J. C., Gomes, E. N., Ferriani, A. P., Maia, B. H. L. N. S., & Deschamps, C. (2021). Chemical composition and antioxidant activity of essential oils from populations of *Baccharis dracunculifolia* DC. in Southern Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 64, e210546. <https://doi.org/10.1590/1678-4324-2021210546>
3. Cazella, L. N., Glamoclija, J., Soković, M., Gonçalves, J. E., Linde, G. A., Colauto, N. B., & Gazim, Z. C. (2019). Antimicrobial activity of essential oil of *Baccharis dracunculifolia* DC (Asteraceae) aerial parts at flowering period. *Frontiers in Plant Science*, 10, 27. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00027>
4. Minteguiga, M., Almeida, V. P., Dellacassa, E., & Manfron, J. (2023, December). *Revista A Flora*, (10), 4–5. SBFgnosia.
5. Minteguiga, M., González, H. A., Ferreira, F., & Dellacassa, E. (2021). *Baccharis dracunculifolia* DC. In Á. Máthé & A. L. Bandoni (Eds.), *Medicinal and aromatic plants of South America: Vol. 2. Argentina, Chile, and Uruguay* (Medicinal and Aromatic Plants of the World, Vol. 7, Pp. 85-105). Springer Nature.
6. Torres Salazar, G. J., Sousa, J. P. de, Lima, C. N. F., Lemos, I. C. S., Silva, A. R. P. da, Freitas, T. S. de, Coutinho, H. D. M., Silva, L. E. da, Amaral, W. do, & Deschamps, C. (2018). Phytochemical characterization of the *Baccharis dracunculifolia* DC (Asteraceae) essential oil and antibacterial activity evaluation. *Industrial Crops and Products*, 122, 591–595. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.06.052>
7. Teixeira, T. D., Machado, B. A. S., Barreto, G. d. A., dos Anjos, J. P., Leal, I. L., Nascimento, R. Q., Hodel, K. V. S., & Umsza-Guez, M. A. (2023). Extraction of antioxidant compounds from Brazilian green propolis using ultrasound-assisted associated with low- and high-pressure extraction methods. *Molecules*, 28(5), 2338. <https://doi.org/10.3390/molecules28052338>
8. Gazim, Z. C., Valle, J. S., Carvalho Dos Santos, I., Rahal, I. L., Silva, G. C. C., Lopes, A. D., Ruiz, S. P., Faria, M. G. I., Junior, R. P., & Gonçalves, D. D. (2022). Ethnomedicinal, phytochemical and pharmacological investigations of *Baccharis dracunculifolia* DC. (Asteraceae). *Frontiers in Pharmacology*, 13, 1048688. <https://doi.org/10.3389/fphar.2022.1048688>
9. Siqueira, W. K., Moura, A. L., Perea, R., Alves, M. J. P., & Fernandes, G. W. (2022). The role of *Baccharis* (Asteraceae) shrubs in the short-term restoration of Atlantic rainforest. *Nature Conservation Research*, 7(2), 42–53. <https://doi.org/10.24189/ncr.2022.017>
10. Moise, A. R., & Bobiş, O. (2020). *Baccharis dracunculifolia* and *Dalbergia ecastophyllum*, main plant sources for bioactive properties in green and red Brazilian propolis. *Plants*, 9(11), 1619. <https://doi.org/10.3390/plants9111619>
11. Rodrigues, D. M., de Souza, M. C., Arruda, C., Pereira, R. A. S., & Bastos, J. K. (2020). The role of *Baccharis dracunculifolia* and its chemical profile on green propolis production by *Apis mellifera*. *Journal of Chemical Ecology*, 46(2), 150–162. <https://doi.org/10.1007/s10886-020-01156-2>
12. Huang, S., Zhang, C. P., Wang, K., Li, G. Q., & Hu, F. L. (2014). Recent advances in the chemical composition of propolis. *Molecules*, 19(12), 19610–19632. <https://doi.org/10.3390/molecules191219610>
13. Timbe, P. P. R., de Souza da Motta, A., Stincone, P., Pinilla, C. M. B., & Brandelli, A. (2021). Antimicrobial activity of *Baccharis dracunculifolia* DC and its synergistic interaction with nisin against food-related bacteria. *Journal of Food Science and Technology*, 58(8), 3010–3018. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04784-2>
14. Nazzaro, F., Fratianni, F., De Martino, L., Coppola, R., & De Feo, V. (2013). Effect of essential oils on pathogenic bacteria. *Pharmaceuticals*, 6(12), 1451–1474. <https://doi.org/10.3390/ph6121451>
15. Vieira, A. L. S., Correia, V. T. d. V., Ramos, A. L. C. C., da Silva, N. H. A., Jaymes, L. A. C., Melo, J. O. F., de Paula, A. C. C. F. F., Garcia, M. A. V. T., & Araújo, R. L. B. d. (2023). Evaluation of the chemical profile and antioxidant capacity of green, brown, and dark propolis. *Plants*, 12(18), 3204. <https://doi.org/10.3390/plants12183204>
16. Hossain, R., Quispe, C., Khan, R. A., Saikat, A. S. M., Ray, P., Ongalbek, D., Yeskaliyeva, B., Jain, D., Smeriglio, A., Trombetta, D., Kiani, R., Kobarfard, F., Mojgani, N., Saffarian, P., Ayatollahi, S. A., Sarkar, C., Islam, M. T., Keriman, D., Uçar, A., Martorell, M., Sureda, A., Pintus, G., Butnariu, M., Sharifi-Rad, J., & Cho, W. C. (2022). Propolis: An update on its chemistry and pharmacological applications. *Chinese Medicine*, 17(1), 100. <https://doi.org/10.1186/s13020-022-00651-2>
17. Oršolić, N. (2022). Allergic inflammation: Effect of propolis and its flavonoids. *Molecules*, 27(19), 6694. <https://doi.org/10.3390/molecules27196694>
18. Shiraiishi, E., Ishida, K., Matsumaru, D., Ido, A., Hiromori, Y., Nagase, H., & Nakanishi, T. (2021). Evaluation of the skin-sensitizing potential of Brazilian green propolis. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(24), 13538. <https://doi.org/10.3390/ijms222413538>
19. Beserra, F. P., Gushiken, L. F. S., Hussni, M. F., Ribeiro, V. P., Bonamin, F., Jackson, C. J., Pellizzon, C. H., & Bastos, J. K. (2021). Artepillin C as an outstanding phenolic compound of Brazilian green propolis for disease treatment: A review on pharmacological aspects. *Phytotherapy Research*, 35(5), 2274–2286. <https://doi.org/10.1002/ptr.6875>
20. Shahinozaman, M., Basak, B., Emran, R., Rozario, P., & Obanda, D. N. (2020). Artepillin C: A comprehensive review of its chemistry, bioavailability, and pharmacological properties. *Fitoterapia*, 147, 104775. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2020.104775>
21. Veiga, R. S., De Mendonça, S., Mendes, P. B., Paulino, N., Mimica, M. J., Lagareiro Netto, A. A., Lira, I. S., López, B. G.-C., Negrão, V., & Marcucci, M. C. (2017). Artepillin C and phenolic compounds responsible for antimicrobial and antioxidant activity of green propolis and *Baccharis dracunculifolia* DC. *Journal of Applied Microbiology*, 122(4), 911–920. <https://doi.org/10.1111/jam.13400>
22. Berretta, A. A., Zamarrenho, L. G., Correa, J. A., De Lima, J. A., Borini, G. B., Ambrósio, S. R., Barud, H. d. S., Bastos, J. K., & De Jong, D. (2023). Development and Characterization of New Green Propolis Extract Formulations as Promising Candidates to Substitute for Green Propolis Hydroalcoholic Extract. *Molecules*, 28(8), 3510. <https://doi.org/10.3390/molecules28083510>
23. Paroul, N., Rosa, R. L. D., Piazza, S. P., Bertella, T., Puton, B. M. S., & Falcão, L. (2016). Composição química e atividade antioxidante de *Baccharis trimera* Pers. e *Baccharis dracunculifolia* DC (Asteraceae). *Revista Perspectiva*, 40, 55–64. <https://doi.org/10.9771/perspectiva.v40i1.16134>
24. Braakhuis, A. (2019). Evidence on the health benefits of supplemental propolis. *Nutrients*, 11(11), 2705. <https://doi.org/10.3390/nu11112705>
25. Zhao, L., Pu, L., Wei, J., Li, J., Wu, J., Xin, Z., Gao, W., & Guo, C. (2016). Brazilian green propolis improves antioxidant function in patients with type 2 diabetes mellitus. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 13(5), 498. <https://doi.org/10.3390/ijerph13050498>
26. Saito, Y., Tsuruma, K., Ichihara, K., Shimazawa, M., & Hara, H. (2015). Brazilian green propolis water extract up-regulates the early

- expression level of HO-1 and accelerates Nrf2 after UVA irradiation. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 15(1), 421. <https://doi.org/10.1186/s12906-015-0945-4>
27. Murase, H., Shimazawa, M., Kakino, M., Ichihara, K., Tsuruma, K., & Hara, H. (2013). The effects of Brazilian green propolis against excessive light-induced cell damage in retina and fibroblast cells. *Evidence-based complementary and alternative medicine : eCAM*, 2013, 238279. <https://doi.org/10.1155/2013/238279>
28. Ni, J., Wu, Z., Meng, J., Zhu, A., Zhong, X., Wu, S., & Nakanishi, H. (2017). The neuroprotective effects of Brazilian green propolis on neurodegenerative damage in human neuronal SH-SY5Y cells. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2017, 7984327. <https://doi.org/10.1155/2017/7984327>
29. Zanela, J., Casagrande, M., Radaelli, J. C., Dias, A. P., Wagner Júnior, A., & Malfatti, C. R. (2021). Active biodegradable packaging for foods containing *Baccharis dracunculifolia* leaf as natural antioxidant. *Food and Bioprocess Technology*, 14, 1301–1310. <https://doi.org/10.1007/s11947-021-02641-y>
30. Figueiredo-Rinhel, A. S. G., de Melo, L. L., Bortot, L. O., Santos, E. O. L., Andrade, M. F., Azzolini, A. E. C. S., Kabeya, L. M., Caliri, A., Bastos, J. K., & Lucisano-Valim, Y. M. (2017). *Baccharis dracunculifolia* DC (Asteraceae) selectively modulates the effector functions of human neutrophils. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 69(12), 1829–1845. <https://doi.org/10.1111/jphp.12822>
31. Piñeros, A. R., Lima, M., Rodrigues, T., Gembre, A., Bertolini, T., Fonseca, M., Berretta, A., Ramalho, L., Cunha, F., Hori, J., & Bonato, V. (2019). Green propolis increases myeloid suppressor cells and CD4+Foxp3+ cells and reduces Th2 inflammation in the lungs after allergen exposure. *Journal of Ethnopharmacology*, 252, 112496. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2019.112496>
32. França, T. C. S., Ribeiro, A. J., Mariano, L. N. B., dos Santos, A. C., Venzon, L., Somensi, L. B., Nunes, R. K. S., Cazarin, C. A., Okubo, K. L., Poerner, H. P., Bastos, J. K., Souza, M. M., & da Silva, L. M. (2022). *Baccharis dracunculifolia* DC hydroalcoholic extract improves intestinal and hippocampal inflammation and decreases behavioral changes of colitis mice. *Evidence-based complementary and alternative medicine : eCAM*, 2022, 5833840. <https://doi.org/10.1155/2022/5833840>
33. Okamura, T., Hamaguchi, M., Bamba, R., Nakajima, H., Yoshimura, Y., Kimura, T., Hashimoto, Y., Majima, S., Senmaru, T., Ushigome, E., Nakanishi, N., Asano, M., Yamazaki, M., Nishimoto, Y., Yamada, T., Fujikura, C., Asama, T., Okumura, N., Takakuwa, H., Sasano, R., & Fukui, M. (2022). Brazilian green propolis improves gut microbiota dysbiosis and protects against sarcopenic obesity. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*, 13(6), 3028–3047. <https://doi.org/10.1002/jcsm.13076>
34. Roquette, A. R., Monteiro, N. E. S., Moura, C. S., Toret, V. C., de Pace, F., Santos, A. D., Park, Y. K., & Amaya-Farfan, J. (2015). Green propolis modulates gut microbiota, reduces endotoxemia and expression of TLR4 pathway in mice fed a high-fat diet. *Food Research International*, 76(Pt 3), 796–803. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.07.026>
35. França, T. C. S., Conte, F. L., Correa, C. R., Santiago, K. B., Cardoso, E. O., Manfio, V. M., Garcia, J. L., Berretta, A. A., Sartori, A. A., Honorio, M. S., Souza, L. do R., & Sforcin, J. M. (2023). Propolis consumption by asymptomatic HIV-individuals: Better redox state? A prospective, randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 162, 114626. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2023.114626>
36. Mazia, R. S., Pereira, R. R. de A., Francisco, L. M. B. de, Natali, M. R. M., Dias Filho, B. P., Nakamura, C. V., Bruschi, M. L., & Ueda-Nakamura, T. (2016). Formulation and evaluation of a mucoadhesive thermoresponsive system containing Brazilian green propolis for the treatment of lesions caused by herpes simplex type I. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, 105(1), 113–121. <https://doi.org/10.1016/j.xphs.2015.11.016>
37. Silveira, M. A. D., De Jong, D., Berretta, A. A., Galvão, E. B. S., Ribeiro, J. C., Cerqueira-Silva, T., Amorim, T. C., Conceição, L. F. M. R., Gomes, M. M. D., Teixeira, M. B., Souza, S. P., Santos, M. H. C. A., San Martin, R. L. A., Silva, M. O., Lírio, M., Moreno, L., Sampaio, J. C. M., Mendonça, R., Ultchak, S. S., ... Passos, R. H. (2021). Efficacy of Brazilian green propolis (EPP-AF®) as an adjunct treatment for hospitalized COVID-19 patients: A randomized, controlled clinical trial. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 138, 111526. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2021.111526>
38. Silveira, M. A. D., de Souza, S. P., Dos Santos Galvão, E. B., Teixeira, M. B., Gomes, M. M. D., Damiani, L. P., et al. (2022). The use of standardized Brazilian green propolis extract (EPP-AF) as an adjunct treatment for hospitalized COVID-19 patients (BeeCovid2): A structured summary of a study protocol for a randomized controlled trial. *Trials*, 23(1), 255. <https://doi.org/10.1186/s13063-022-06263-2>
39. Silveira, M. A. D., Menezes, M. de A., Souza, S. P., Galvão, E. B. dos S., Berretta, A. A., Caldas, J., Teixeira, M. B., Gomes, M. M. D., Damiani, L. P., Bahiense, B. A., Cabral, J. B., Oliveira, C. W. L. M. de, Mascarenhas, T. R., Pinheiro, P. C. G., Alves, M. S., Melo, R. M. V. de, Leite, F. M., Nonaka, C. K. V., Souza, B. S. de F., ... Passos, R. da H. (2023). Standardized Brazilian green propolis extract (EPP-AF®) in COVID-19 outcomes: A randomized double-blind placebo-controlled trial. *Scientific Reports*, 13(1), 18405. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-43764-w>
40. Monteiro, E. da S., Silva, F. S. da, Gomes, K. O., Prado, B. A. do, Santos, R. D. dos, Camara, C. A. G. da, Moraes, M. M. de, Silva, I. C. R. da, Macêdo, V. T. de, & Gelfuso, G. M. (2023). Characterization and determination of the antibacterial activity of *Baccharis dracunculifolia* essential-oil nanoemulsions. *Antibiotics*, 12(12), 1677. <https://doi.org/10.3390/antibiotics12121677>
41. Pereira, C. A., Costa, A. C., Liporoni, P. C., Rego, M. A., & Jorge, A. O. (2016). Antibacterial activity of *Baccharis dracunculifolia* in planktonic cultures and biofilms of *Streptococcus mutans*. *Journal of Infection and Public Health*, 9(3), 324–330. <https://doi.org/10.1016/j.jiph.2015.10.012>
42. Pedrazzi, V., Leite, M. F., Tavares, R. C., Sato, S., do Nascimento, G. C., & Issa, J. P. (2015). Herbal mouthwash containing extracts of *Baccharis dracunculifolia* as agent for the control of biofilm: Clinical evaluation in humans. *The Scientific World Journal*, 2015, 712683. <https://doi.org/10.1155/2015/712683>
43. Endo, S., Hoshi, M., Matsunaga, T., Inoue, T., Ichihara, K., & Ikari, A. (2018). Autophagy inhibition enhances anticancer efficacy of artemisinin C, a cinnamic acid derivative in Brazilian green propolis. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 497(1), 437–443. <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2018.02.105>
44. Bhargava, P., Grover, A., Nigam, N., Kaul, A., Doi, M., Ishida, Y., Kakuta, H., Kaul, S. C., Terao, K., Wadhwa, R. (2018). Anticancer activity of the supercritical extract of Brazilian green propolis and its active component, artemisinin C: Bioinformatics and experimental analyses of its mechanisms of action. *International Journal of Oncology*, 52(3), 925–932. <https://doi.org/10.3892/ijo.2018.4249>
45. Gastaldello, G. H., Cazeloto, A. C. V., Ferreira, J. C., Rodrigues, D. M., Bastos, J. K., Campo, V. L., Zoccal, K. F., & Tefé-Silva, C. (2021). Green

- propolis compounds (baccharin and p-coumaric acid) show beneficial effects in mice for melanoma induced by B16F10. *Medicines*, 8(5), 20. <https://doi.org/10.3390/medicines8050020>
46. Costa, P., Boeing, T., Somensi, L. B., Cury, B. J., Espíndola, V. L., França, T. C. S., Almeida, M. O. de, Arruda, C., Bastos, J. K., da Silva, L. M., & Andrade, S. F. de. (2019). Hydroalcoholic extract from *Baccharis dracunculifolia* recovers the gastric ulcerated tissue, and p-coumaric acid is a pivotal bioactive compound to this action. *BioFactors*, 45(3), 479–489. <https://doi.org/10.1002/biof.1503>
 47. Costa, P., Somensi, L. B., da Silva, R. C. M. V. A. F., Mariano, L. N. B., Boeing, T., Longo, B., Perfoli, E., de Souza, P., Gushiken, L. F. S., Pellizzon, C. H., Rodrigues, D. M., Bastos, J. K., de Andrade, S. F., & da Silva, L. M. (2020). Role of the antioxidant properties in the gastroprotective and gastric healing activity promoted by Brazilian green propolis and the healing efficacy of Artepillin C. *Inflammopharmacology*, 28(4), 1009–1025. <https://doi.org/10.1007/s10787-019-00649-7>
 48. Rebouças-Silva, J., Amorim, N. A., Jesus-Santos, F. H., Lima, J. A., Lima, J. B., Berretta, A. A., & Borges, V. M. (2023). Leishmanicidal and immunomodulatory properties of Brazilian green propolis extract (EPP-AF®) and a gel formulation in a pre-clinical model. *Frontiers in Pharmacology*, 14, 1013376. <https://doi.org/10.3389/fphar.2023.1013376>
 49. Salomão, K., de Souza, E. M., Henriques-Pons, A., Barbosa, H. S., & de Castro, S. L. (2011). Brazilian green propolis: Effects in vitro and in vivo on Trypanosoma cruzi. *Evidence-based complementary and alternative medicine: eCAM*, 2011, 185918. <https://doi.org/10.1093/ecam/nep014>
 50. Negreiros, D., Esteves, D., Fernandes, G. W., Barbara, R. L. L., Oki, Y., Vichiato, M., & Chalub, C. (2014). Growth–survival tradeoff in the widespread tropical shrub *Baccharis dracunculifolia* (Asteraceae) in response to a nutrient gradient. *Tropical Ecology*, 55(2), 167–176. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/274835371_Growth-survival_tradeoff_in_the_widespread_tropical_shrub_Baccharis_dracunculifolia_Asteraceae_in_response_to_a_nutrient_gradient
 51. Afonso, T. F., Demarco, C. F., Pieniz, S., Quadro, M. S., de Oliveira Camargo, F. A., & Andrezza, R. (2022). Analysis of *Baccharis dracunculifolia* and *Baccharis trimera* for phytoremediation of heavy metals in copper mining tailings area in Southern Brazil. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 194(2), 694–708. <https://doi.org/10.1007/s12010-021-03652-3>
 52. Dilkin, E. R. S., Matias, R., Oliveira, A. K. M., & Corrêa, B. O. (2022). Fungitoxic effect and phytochemical characteristics of Brazilian Cerrado weeds against *Rhizoctonia solani* and *Macrophomina phaseolina* fungi. *Brazilian Journal of Biology*, 84, e263114. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.263114>
 53. Da Silva, E. M., Roel, A. R., Porto, K. R. A., Falco, M. E., & Matias, R. (2017). Insecticidal effect of the ethanol extract of *Baccharis dracunculifolia* (Asterales: Asteraceae). *Revista de Biología Tropical*, 65(2), 517–523.
 54. Alves, K. F., Caetano, F. H., Pereira Garcia, I. J., Santos, H. L., Silva, D. B., Siqueira, J. M., Tanaka, A. S., & Alves, S. N. (2018). *Baccharis dracunculifolia* (Asteraceae) essential oil toxicity to *Culex quinquefasciatus* (Culicidae). *Environmental Science and Pollution Research*, 25(31), 31718–31726. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-3149-x>
 55. Marques Fonseca, M., Lehner, M., Gonçalves, M. G., Júnior, T. J., Fonseca Silva, A., Bonfim, F., & Prado, A. L. (2015). Potencial de óleos essenciais de plantas medicinais no controle de fitopatógenos. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*, 17(1), 45–50. https://doi.org/10.1590/1983-084X/12_170
 56. Chaaban, A., Martins, C. E. N., Bretanha, L. C., Micke, G. A., Carrer, A. R., Rosa, N. F., Ferreira, L., & Molento, M. B. (2018). Insecticide activity of *Baccharis dracunculifolia* essential oil against *Cochliomyia macellaria* (Diptera: Calliphoridae). *Natural Product Research*, 32(24), 2954–2958. <https://doi.org/10.1080/14786419.2017.1392947>
 57. Rodrigues, A. C., Wiater, G., Puton, B. M. S., Mielniczki-Pereira, A. A., Paroul, N., & Cansian, R. L. (2019). Repellent and insecticide activity of essential oil of *Baccharis dracunculifolia* D.C. on *Sitophilus zeamais* Mots., 1855. *Perspectiva (Erechim)*, 43(161), 123–130.
 58. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro. (s.d.). *Baccharis dracunculifolia*. Flora do Brasil 2020. <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/consulta/?nomeCompleto=baccharis+dracunculifolia>
 59. Royal Society of Chemistry. (n.d.). ChemSpider record: CSID 8122813. ChemSpider. Retrieved February 5, 2026, from <https://www.chemspider.com/Chemical-Structure.8122813.html>
 60. Royal Society of Chemistry. (n.d.). ChemSpider record: CSID 4582399. ChemSpider. Retrieved February 5, 2026, from <https://www.chemspider.com/Chemical-Structure.4582399.html>
 61. Royal Society of Chemistry. (n.d.). ChemSpider record: CSID 553148. ChemSpider. Retrieved February 5, 2026, from <https://www.chemspider.com/Chemical-Structure.553148.html>
 62. Royal Society of Chemistry. (n.d.). ChemSpider record: CSID 141023. ChemSpider. Retrieved February 5, 2026, from <https://www.chemspider.com/Chemical-Structure.141023.html>
 63. Royal Society of Chemistry. (2026). ChemSpider – Chemical Structure 10305947. <https://www.chemspider.com/Chemical-Structure.10305947.html>