

Gênero *Copaifera* L. no estado de São Paulo: aspectos botânicos, taxonômicos e fitoquímicos

Rafael Bonchristiano Reis¹, Roselaine Facanali², Marcia Ortiz Mayo Marques^{3*}, Lin Chau Ming⁴

¹Mestrando em Agronomia (Horticultura), Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, São Paulo, Brasil. ²Pesquisadora Pós-doutorado em Química de Produtos Naturais, Instituto Agrônomo, Campinas, São Paulo, Brasil. ³Pesquisadora Científica, Seção de Fitoquímica, Instituto Agrônomo, Campinas, São Paulo, Brasil. ⁴Professor da Universidade Estadual Paulista, Setor de Horticultura, Botucatu, São Paulo, Brasil. *marcia.marques@sp.gov.br

Recebido em: 26/10/2023

Aceito em: 18/10/2024

Publicado em: 30/11/2024

DOI: <https://doi.org/10.29327/269504.6.2-28>

RESUMO

O aumento da demanda por produtos naturais e a busca por alternativas mais sustentáveis impulsionaram o interesse no óleo de copaíba nos últimos tempos. Este produto é obtido tipicamente através do extrativismo na região Norte do Brasil e distribuído globalmente. O objetivo deste trabalho foi realizar uma revisão de literatura sobre as 3 espécies de *Copaifera* de ocorrência no Estado de São Paulo, buscando sintetizar informações sobre suas características botânicas/taxonômicas, locais de ocorrência, características químicas e suas aplicações tradicionais e farmacêuticas. O levantamento mostrou que as 3 espécies de *Copaifera* possuem usos tradicionais com perfis químicos e botânicos distintos. Observou-se que *C. malmei* possui características morfológicas mais marcantes em relação às outras espécies, entre as quais se destaca o hábito arbustivo. Foram destacadas informações relevantes para o direcionamento de novas pesquisas voltadas para a utilização de *Copaifera* spp. nas áreas de botânica, fitotecnia, fitoquímica, farmacêutica, ecologia e sustentabilidade.

Palavras-chave: Botânica. *Copaifera*. Quimiotaxonomia.

Genus *Copaifera* L. in the State of São Paulo: botanical, taxonomic and phytochemical aspects

ABSTRACT

Increasing demand for natural products and the search for more sustainable alternatives have driven interest in copaiba oil in recent times. This product is typically obtained through extractivism in the northern region of Brazil and distributed globally. The objective of this work was to perform a literature review on the 3 species of *Copaifera* occurring in the State of São Paulo, seeking to synthesize information about their botanical/taxonomic characteristics, distribution, chemical characteristics, and their traditional and pharmaceutical applications. The survey showed that the 3 species of *Copaifera* have traditional uses with distinct chemical and botanical profiles. It was observed that *C. malmei* has more prominent morphological characteristics in relation to other species, among which the shrub habit stands out. Relevant information was highlighted for the direction of new research focused on the use of *Copaifera* spp. in the areas of botany, plant science, phytochemistry, pharmaceuticals, ecology, and sustainability.

Keywords: Botany. *Copaifera*. Chemotaxonomy.

INTRODUÇÃO

O gênero *Copaifera* L., pertence à família botânica Fabaceae (Leguminosae). Esta família compreende mais de 795 gêneros e aproximadamente 20.000 espécies distribuídas nas subfamílias Caesalpinoideae, Cercidoideae, Detarioideae, Dialioideae, Duparquetioideae e Papilionoideae. Em fontes bibliográficas mais antigas o gênero *Copaifera* é classificado como pertence à subfamília Caesalpinoideae, porém, atualmente a proposta de classificação mais aceita, é aquela do Grupo de Trabalho de Filogenia de Leguminosas (AZANI et al., 2017), que considera o gênero *Copaifera* integrante da subfamília Detarioideae.

As espécies pertencentes ao gênero *Copaifera* constituem um recurso de valor potencial, cuja utilização abrange uma variedade de aplicações. As notáveis propriedades de durabilidade da madeira dessas espécies favorecem sua aplicação em estruturas para a construção civil, construção naval e fabricação de peças torneadas, proporcionando um material de alta durabilidade e resistência ao ataque de organismos xilófagos. A presença de altos teores de lignina no xilema dessas plantas confere-lhes uma matéria-prima de qualidade apropriada para a produção de carvão vegetal. Além disso, o óleo-resina obtido das espécies de *Copaifera* pode ser aplicado como combustível e até mesmo substituir o diesel. Entretanto, é no campo da farmacologia que a aplicação deste material é mais investigada, devido às suas notáveis propriedades medicinais (CARVALHO, 2003).

A composição química de plantas da família Leguminosae se assemelha muito com aquela de plantas da família Rosaceae. Ambas produzem glicosídeos cianogênicos, saponinas, taninos, antocianinas e mucilagem. Entretanto, a biossíntese de alcaloides é comum na família Leguminosae enquanto na Rosaceae é rara (EVANS, 2009). No caso do gênero *Copaifera*, predomina-se o interesse nos compostos presentes no óleo-resina obtido a partir de perfurações no tronco das espécies, produto herdado do conhecimento tradicional indígena que passou a ser explorado economicamente por colonos (PIERI et al., 2009). O óleo-resina é constituído por óleos voláteis e diterpeneos e ácidos terpênicos (ARRUDA et al., 2019).

O objetivo deste trabalho é realizar uma revisão de literatura sobre as 3 espécies de *Copaifera* de ocorrência no Estado de São Paulo, buscando sintetizar informações sobre suas características botânicas/taxonômicas, locais de ocorrência, características químicas e suas aplicações tradicionais e farmacêuticas.

METODOLOGIA

Foram consultadas as bases de dados: Web of Science, Science Direct, Scielo Brasil, Elsevier, PubMed, Willey, Taylor & Francis e repositório institucional da Universidade Estadual Paulista (UNESP), utilizando-se as seguintes palavras-chave: *Copaifera*, *langsdorffii*, *malmei*, *trapezifolia*, chemical constituents, ethnobotany, botany, oliresin, essential oils. Buscou-se por um período de publicação dos artigos entre 1950 e 2023.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Distribuição do gênero Copaifera L.

Espécimes do gênero *Copaifera* podem ser localizadas desde áreas tropicais da África, até a América Central e do Sul. Dentre as espécies, 22 são restritas ao Brasil com maior diversidade verificada na Bahia (COSTA; QUEIROZ, 2007). Em um levantamento mais atual feito por Maruyama et al. (2021), verificam-se 26 espécies registradas na flora brasileira. Destas, apenas 16 espécies do gênero *Copaifera* são endêmicas no território brasileiro (Arruda et al., 2019). Na região amazônica do Brasil são reconhecidas 9 espécies (MARTINS-DA-SILVA et al., 2008). A espécie mais amplamente disseminada é a *Copaifera langsdorffii* Desf. (Figura 1), que no Brasil, ocorre tipicamente em regiões de Cerrado e Mata Atlântica, (REFLORA, 2023). De acordo com dados fornecidos no Royal Botanical Gardens Kew (2023), o gênero *Copaifera* foi introduzido na Índia e Caribe.

No estado de São Paulo há predominância da espécie *C. langsdorffii*, sendo também a espécie de *Copaifera* mais abundante (ARRUDA et al., 2019). Há relatos ainda da ocorrência de indivíduos da espécie *Copaifera trapezifolia* Hayne, porém em menor frequência (TOZZI et al., 2016). Até então, só havia registros destas duas espécies citadas, no entanto, em um levantamento feito recentemente por Maruyama et al. (2021), foi identificado um indivíduo da espécie *Copaifera malmei* Harms, no município de Araraquara. *C. malmei* é uma espécie endêmica do bioma de cerrado, sendo relativamente fácil encontrá-la em unidades de conservação nos estados do Centro-Oeste. Por outro lado, registros desta espécie em estados do Sudeste (SP e MG) são raros, e quando ocorrem, são de indivíduos encontrados fora de áreas de proteção (MARUYAMA et al., 2021).

Figura 1 - Distribuição de *Copaifera langsdorffii* Desf.



Fonte: Legume Data Portal, 2023.

Figura 2 - Distribuição de *Copaifera malmei* Harms.



Fonte:

Legume Data Portal, 2023.

Figura 3 - Distribuição de *Copaifera trapezifolia* Hayne.



Fonte: Global Biodiversity Information Facility, 2023.

Aspectos botânicos das espécies com ocorrência no Estado de São Paulo

Em registros mais antigos, como citado por Costa e Queiroz (2010), estas 3 espécies do gênero *Copaifera* pertencem à mesma subfamília, Caesalpinioideae e tribo Detarieae. Atualmente há um consenso sobre a proposta de classificação deste gênero como pertencente à subfamília Detarioidea (AZANI et al., 2017). Na base de dados National Center for Biotechnology Information (2023), o gênero *Copaifera* se encontra classificado hierarquicamente como pertencente à família Fabaceae, subfamília Detarioideae e tribo Detarieae, corroborando com a proposta do Grupo de Trabalho de Filogenia de Leguminosas.

A distinção entre as espécies é feita se baseando em caracteres das folhas, distinguindo se há presença ou não de pontuações nos folíolos, número e a forma dos folíolos. São considerados também os caracteres florais como o indumento das sépalas, comprimento das anteras e o indumento do pistilo (COSTA; QUEIROZ, 2007). Dwyer (1951) também considera a cor dos arilos das sementes como critério de identificação das espécies de *Copaifera*.

Segundo a descrição do Flora e Funga do Brasil (2023), a espécie *C. langsdorffii*, é uma árvore que pode atingir entre 3 a 15 metros (m) de altura, podendo atingir até 35 m de altura e 80 cm de diâmetro na altura do peito (DAP) na floresta pluvial (CARVALHO, 2003). Sua casca é grossa e acinzentada ou acastanhada. As folhas são do

tipo raque foliar, que apresentam de 3 a 5 pares glabros, ovais a elípticos, com ápices (agudos), de cor verde-brilhante na face superior, verde-acinzentada na face inferior com indumento piloso na nervura central e presença de pontuações translúcidas por todo o limbo foliar. Possuem consistência coriácea. Suas flores são subsésseis, sépalas glabras externamente e vilosas internamente. Os frutos de tipo legume unispermo, deiscente, com sementes pretas reluzentes e arilos de cor laranja (CARVALHO, 2003). Outro aspecto interessante para utilizar em sua identificação é através da observação da coloração de seu óleo-resina, somente a *C. langsdorffii* produz um óleo-resina de coloração vermelha (VEIGA; PINTO, 2002).

Imagem 1 - Exsicata de *Copaifera langsdorffii* Desf.



Fonte: Tropicos.org. Missouri Botanical Garden. 23 de maio 2023
<http://www.tropicos.org/Image/100452073> Photographer: MBG.

Imagem 2 - Aspecto das folhas de *Copaifera langsdorffii*.



Fonte: Zappi, D. C. © RBG Kew <https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/D.Zappi/RBG>

Em relação as outras duas espécies já registradas no Estado de São Paulo (*C. malmei* e *C. trapezifolia*), a *Copaifera langsdorffii* compartilha algumas características morfológicas. Por exemplo, a *C. trapezifolia* também possui hábito de crescimento arbóreo apresentando apenas 1 tronco ereto e atingindo alturas aproximadas (de 12 a 25 m). A espécie *C. malmei*, por sua vez, exibe 2 ou mais troncos agrupados e um hábito de crescimento arbustivo, geralmente atingindo até 3 metros de altura.

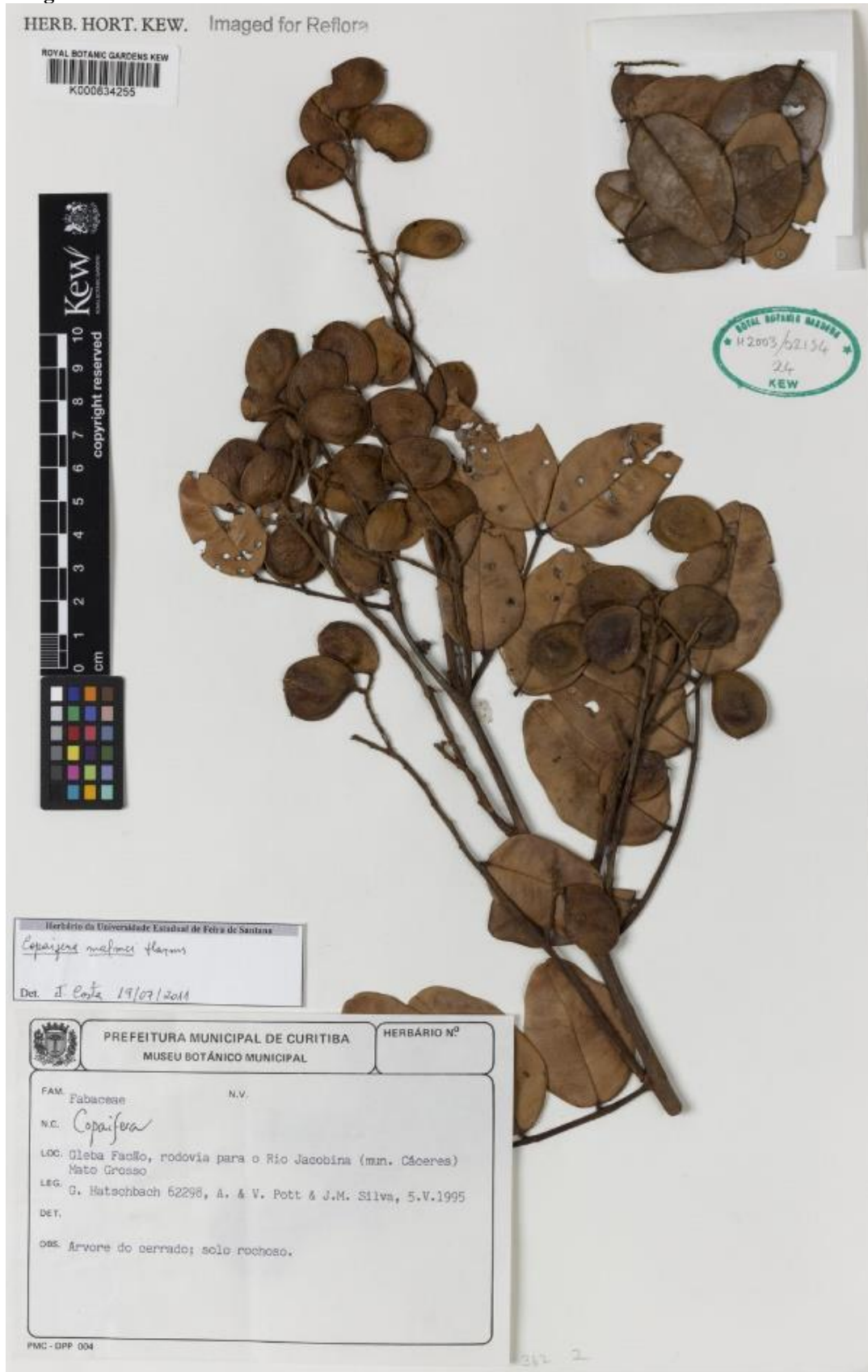
Para identificá-las e distingui-las devemos observar o número de pares de folíolos do raquis foliar e dimensões dos folíolos e pecíolos. Enquanto a espécie *C. langsdorffii* produz de 6 a 8 pares de folíolos, a espécie *C. trapezifolia* produz de 10 a 18 pares. Em *C. langsdorffii* os folíolos possuem forma de oval a elíptica, com textura glabra. Na espécie *C. trapezifolia* os folíolos são de elípticos a lanceolados, com textura pilosa (SOUZA; SANCHES, In: 2016). Na espécie *C. malmei* as folhas são elípticas ou lanceoladas, com presença de tricomas glandulares que conferem uma textura pilosa áspera (MARUYAMA et al., 2021). Nos folíolos (3-5) de *C. malmei* não é possível observar as pontuações, característica visível nas espécies *C. langsdorffii* e *C. trapezifolia*.

Imagem 3 - Vouchers de *Copaifera malmei* Harms.



Fonte: BM000812067 - *Copaifera malmei* Harms collected in Brazil by The Trustees of the Natural History Museum, London (licensed under <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Imagem 4 - Exsicata de *C. malmei*.



Fonte: <http://specimens.kew.org/herbarium/K000834255> - Herbarium, RBG Kew, 2023.

Os frutos de *C. langsdorffii* são do tipo legume levemente falcado e deiscentes, com comprimento de 1,7 a 3,7 centímetros (cm), ao passo que em *C. malmei* os frutos são do tipo legume levemente falcado, medindo 2,0 a 2,8 cm de comprimento. Já a espécie *C. trapezifolia* apresenta frutos do tipo legume orbicular, que medem em média de 2,3 a 3,9 cm de comprimento.

As flores de *C. langsdorffii* são subsésseis, sépalas glabras externamente e vilosas internamente, enquanto em *C. malmei* as flores são sésseis, sépalas pubescentes (pilosas ambas as faces) e em *C. trapezifolia* as flores são subsésseis com sépalas glabras somente externamente.

Imagem 5 - Exsicata de *C. trapezifolia*.



Fonte: <http://specimens.kew.org/herbarium/K000564577> Herbarium, RBG Kew.

As características morfológicas descritas pela Flora e Funga do Brasil foram também verificadas em outras fontes bibliográficas e corroboram em suas descrições. Especialistas do Jardim Botânico de São Paulo apresentam descrições morfológicas muito semelhantes para *C. langsdorffii*, havendo uma pequena divergência quanto ao número de pares de folíolos mencionados. A descrição dada por Souza e Sanches em Flora Fanerogâmica de São Paulo (2016), afirma que *C. langsdorffii* possui de 6 a 8 pares de folíolos, enquanto no site Flora e Funga do Brasil descreve-se a espécie possuindo de 3 a 5 pares.

Outras características que facilitam a identificação de *C. malmei* é a presença de tricomas glandulares em suas folhas, sementes encobertas por arilos de cor branca e um hábito arbustivo, característico de plantas que habitam a fitofisionomia de cerrado e campo limpo, onde geralmente, esta espécie é encontrada (MARUYAMA et al., 2021). Em relação aos tricomas glandulares nas folhas, nota-se que a densidade destes é tanta, que impede a visualização das pontuações (DWYER, 1951).

Tabela 1 - Características morfológicas das espécies de *Copaifera*.

Órgão vegetal	Espécies		
	<i>C. langsdorffii</i>	<i>C. malmei</i>	<i>C. trapezifolia</i>
Folhas	Raque foliar glabro, 6 a 8 pares de folíolos ovais a elípticos, opostos, ápice agudo, pontuações presentes, nervura central pubescente na face abaxial	Raque foliar piloso ambas as faces, 3 a 5 pares de folíolos, elípticas ou lanceoladas, ápice obtuso, presença de tricomas glandulares, pontuações ausentes	Raque foliar glabro ambas as faces, de 10 a 18 pares de folíolos oval-oblongos ou elípticos, subopostos a alternos, ápice arredondado ou truncado, pontuações presentes
Dimensões dos folíolos	1,4-6,7 x 0,9-4,5cm	3,0-7,0 x 2,0-4,0 cm	0,8-2,5 x 0,3-1,5cm
Dimensões dos pecíolos	0,9 a 2,6 cm	1,0 a 2,5 cm	0,2 a 0,4 cm
Flores	Subsésseis, sépalas glabras externamente e vilosas internamente	Sésseis, sépalas pubescentes (pilosas ambas as faces)	sépalas glabras somente externamente
Frutos	Legume levemente falcado (comprimento de 1,7-3,7cm)	Legume levemente falcado (2,0-2,8 cm)	Legume orbicular (2,3 - 3,9 cm)
Cor do arilo	Laranja	Branca	Vermelho

Exploração econômica e status de conservação das espécies no Estado de São Paulo

Existem poucas informações sobre a exploração econômica das espécies de *Copaifera* no estado de São Paulo. No entanto, em geral, as espécies desse gênero têm grande importância econômica na indústria madeireira e farmacêutica devido à produção de óleos essenciais e óleo-resinas com diversas aplicações. O óleo-resina é matéria-prima para a produção de vernizes, lacas, tintas, fixadores de perfumes e produtos medicinais (CAMILLO, 2016). Duke (2009) relata que testes foram feitos para verificar o emprego do óleo-resina como combustível, constatando-se que o líquido resinoso, sem qualquer tipo de processamento, pode ser adicionado diretamente no tanque de um veículo movido a diesel. Um dos nomes populares em inglês conferido à *Copaifera langsdorffii* é “diesel tree”.

De acordo com o IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas (2023), encontram-se dados sobre as qualidades físicas da madeira de algumas espécies de *Copaifera* que abrangem aquelas também situadas fora dos limites do Estado. Sobre a *C. langsdorffii*, mencionam que a espécie submetida a ensaios de durabilidade demonstrou ter alta resistência ao ataque de organismos xilófagos (fungos e cupins). A madeira originada das copaíbas é utilizada para a produção de móveis e construções rurais.

Apesar de haver poucos registros sobre a exploração destas espécies de ocorrência no Estado de São Paulo, as práticas de desmatamento não fazem distinção entre as espécies que são abatidas para obtenção de madeira e abertura de clareiras para o estabelecimento de práticas agrícolas. Os biomas de Mata Atlântica e Cerrado no Estado de São Paulo já foram vastamente antropizados, restando apenas alguns remanescentes distribuídos de forma fragmentada. Maruyama et al. (2021), chamam atenção para a questão da conservação das espécies, principalmente para a espécie *C. malmei* que é rara na região sudeste que deveria ser incluída na lista espécies sob ameaça de extinção. Segundo dados da Flora e Funga do Brasil, as espécies *C. langsdorffii* e *C. malmei* não foram avaliadas quanto à ameaça. Apenas a espécie *C. trapezifolia* é listada na União Internacional para a Conservação da Natureza (International Union for Conservation of Nature – IUCN) e está classificada como “pouco preocupante”, apresentando índices populacionais estáveis.

Segundo Arruda et al. (2019), a maior parte de óleo-resina comercializada é originada do Estado do Amazonas, muitas vezes o óleo de copaíba é obtido como um subproduto da indústria madeireira através do processo de extração total, uma prática de extração não racional deste produto. As espécies mais utilizadas na produção de óleo são *C. reticulata* (70%), *C. guianensis* (10%), *C. multijuga* (5%) e *C. officinalis* (5%)(VEIGA; PINTO, 2002).

Em um estudo realizado por Zanini (1988), constatou-se que as únicas espécies em que se tinha interesse comercial era, *C. reticulata* Ducke, *C. guianensis* Benth, *C. multijuga* Hayne, *C. officinalis* L., *C. martii* Ducke e *C. coriacea* Kuntze. Segundo levantamentos deste autor, verificava-se que 70% das copaíbas que foram identificadas na Bacia Amazônica eram da espécie *C. reticulata*. Previamente, Dwyer (1951) fazia referência à quantidade abundante de óleo-resina em que se extraía do tronco das espécies *C. reticulata* Ducke, *C. martii* Bayne, *C. guianensis* Desf., *C. langsdorffii* Desf., *C. officinalis* L., *C. pubiflora* Benth., e *C. venezuelana* Pittier and Harms. Este autor relata

que as maiores quantidades de óleo de copaíba são obtidas das “variedades do Pará”, que corresponde à espécie *C. reticulata*.

O óleo-resina de copaíba (óleo de copaíba) já era parte do conhecimento tradicional indígena quando o continente americano passou a ser colonizado pelos europeus. Esta matéria-prima rapidamente passou a ser um dos principais produtos da exportação brasileira, havendo registros de exportação datados desde os anos de 1800 até os dias atuais. De acordo com os dados apresentados, a exportação do óleo de copaíba atingiu seu ponto máximo no ano de 1918, tendo diminuído consideravelmente até a atualidade. Apesar disso, houve uma retomada de interesse por produtos fitoterápicos e drogas vegetais e o óleo de copaíba voltou a ser um produto muito procurado. Por ser um produto de uso habitual nas tradições culturais brasileiras, muitas vezes é extraído para uso caseiro, no entanto, com o ressurgimento de tratamentos a base de produtos fitoterápicos, a extração do óleo de copaíba passou a ser vista como uma fonte alternativa de renda para as populações rurais. Sua extração para este propósito é realizada em diversas regiões brasileiras, com rendimentos variáveis de acordo com a região e a espécie na qual se extrai o produto (ARRUDA et al., 2019).

As indústrias que utilizam esta matéria-prima raramente cultivam a árvore copaíba para extrair seu óleo, sendo predominante sua exploração extrativista. Este tipo de exploração econômica é uma característica em comum entre as empresas sul-americanas do setor. Segundo Desmarchelier (2010), existe pouco conhecimento agrônomo sobre as espécies medicinais nativas, enquanto plantas introduzidas (exóticas), são produzidas em larga escala para a exportação de sua matéria-prima para a produção de extratos vegetais com maior valor agregado nos países industrializados.

São raras as iniciativas para realizar a domesticação de espécies nativas para uma produção sustentável da matéria-prima fornecedora de princípios ativos. Um dos poucos exemplos é o caso da exploração do jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* Stapf ex Wardlew.) para a extração dos alcaloides, essencialmente a pilocarpina, por uma empresa multinacional, que desenvolveu um programa de cultivo em Barra do Corda no Estado do Maranhão, buscando autossuficiência na matéria-prima (COSTA, 2012).

No Brasil, esta dinâmica da cadeia produtiva de medicamentos pode ser reflexo da desestruturação que o setor industrial brasileiro sofreu na década de 1940, quando nas décadas seguintes, a indústria farmacêutica mundial passou por mudanças significativas que fortaleceram o seu caráter monopolista, com o estabelecimento da predominância de empresas pertencentes aos países mais desenvolvidos industrialmente (FERNANDES,

2004). A forma em como o óleo de copaíba é obtido, não se distancia deste padrão de exploração de recursos naturais. Sendo dependente em grande parte de plantas que crescem espontaneamente nas florestas e de mão-de-obra barata oferecida por populações locais, através da prática do “extrativismo sustentável”.

O óleo-resina de copaíba adquiriu uma certa importância econômica na Região Norte do Brasil originando técnicas de manejo que viabilizam a exploração comercial deste produto, como, por exemplo, o “Plano de Manejo Florestal Simples” (CORADIN et al., 2011). Segundo Leite (2004), há duas formas de extração que inviabilizam novas colheitas de óleo. A extração tradicional em que se utiliza um machado para fazer uma abertura no tronco, muitas vezes causando a morte da árvore e a extração total, praticada pela indústria madeireira, onde o óleo é obtido após a derrubada das árvores.

Com o estabelecimento do “Plano de Manejo Florestal Simples”, o óleo de copaíba é obtido a partir de árvores da reserva extrativista pelo método de extração racional, que consiste em realizar um orifício no tronco da árvore com a utilização de um trado, inserindo uma mangueira que conduz o óleo ao recipiente de coleta. Este método permite coletar o óleo por muitos anos. Em um experimento conduzido na Reserva Florestal Adolph Ducke, em Manaus, Amazonas, Medeiros et al. (2018), observaram melhores resultados na extração do óleo-resina de *C. multijuga*, ao realizar a primeira colheita após o diâmetro da árvore (DAP) ter atingido ou ultrapassado 45 cm, sendo necessário um período de descanso entre as colheitas, permitindo a maximização da vida produtiva das árvores. Segundo os autores a melhor época de colheita é no final da estação chuvosa.

Muitas vezes o óleo de copaíba é obtido de espécies diferentes, assim como de locais com características edafoclimáticas diferentes, e são misturados em um mesmo recipiente que será oferecido aos compradores, resultando na oferta de um produto descaracterizado (VEIGA; PINTO, 2002), já que os fatores mencionados influenciam na composição química do óleo, tendo sido observado em muitos estudos uma variação quanti e qualitativa intrínseca à idade das árvores, espécie e origem geográfica (OLIVEIRA MOREIRA; BRAGA, 2021).

Geralmente extratos naturais são mais caros em relação aos seus equivalentes sintéticos, tornando-os alvo de adulterações, como ocorre frequentemente com o óleo de copaíba (DO et al., 2015). Uma prática comum entre comerciantes é adicionar óleos de menor custo (i.e., soja) ou de outras espécies medicinais. Estas práticas constituem os principais métodos de adulteração do óleo de copaíba: a diluição do óleo com adição de

óleo vegetal ou a adição de outros óleos essenciais mais baratos (LEE et al., 2023). Com a adulteração do óleo não se pode garantir a eficácia do medicamento, sendo portanto, necessário um maior controle de qualidade, incluindo a rotulagem com o nome da espécie botânica, a data, local de coleta do óleo, entre outras informações (VEIGA JR. et al., 1997).

Assim, se faz necessário o rastreio de todas as etapas da cadeia produtiva de medicamentos e cosméticos elaborados a partir do óleo de copaíba, estabelecendo procedimentos padronizados na extração, acondicionamento e comercialização (TAPPIN et al., 2004). A questão da identificação e padronização de produtos fitoterápicos e drogas vegetais é um dos entraves para sua exportação. De acordo com Desmarchelier (2010), as autoridades reguladoras da Europa e dos EUA exigem documentação detalhada sobre a segurança, eficácia e estabilidade de medicamentos baseados em compostos de origem natural, sejam eles medicamentos ativos únicos ou complexos multiativos em medicamentos fitoterápicos. Tanto os consumidores quanto as agências reguladoras esperam não apenas informações empíricas, mas também validação científica ao considerar novos produtos.

Características químicas e suas aplicações tradicionais e farmacêuticas

Como se pode observar, o uso medicinal do óleo de copaíba é muito valorizado devido a suas diversas aplicações terapêuticas. Este produto natural possui abundância de diversos compostos que são alvo de estudos para validação de seus efeitos farmacológicos e o desenvolvimento de novos medicamentos. Portanto, serão discutidas as características químicas dos óleos de diversas espécies de *Copaifera*, com foco nas 3 espécies de ocorrência no Estado de São Paulo citadas inicialmente. Os compostos produzidos pelo metabolismo secundário das plantas é complexo e pode ser influenciado por diversos fatores bióticos e abióticos (GOBBO-NETO; LOPES, 2007). Entre eles:

Bióticos

- Genético;
- Idade, órgão vegetal (ou idade do órgão vegetal, por exemplo, podem ocorrer variação quantitativas de compostos entre folhas velhas e folhas novas);
- Ação de microrganismos (fungos e bactérias);
- Ataque de insetos ou animais herbívoros;

- Alelopatia (compostos químicos liberados por outras plantas diluídos na solução do solo).

Abióticos

- Nutrientes minerais (falta ou excesso de nutrientes, salinidade);
- Excesso ou déficit de água (características do solo estão diretamente associadas);
- Radiação (vegetação pode influenciar conjuntamente, por exemplo se a planta passar a ficar sombreada por outras espécies);
- Fotoperíodo;
- Temperatura;
- Danos mecânicos (por ação do vento).

Muitos estudos quanti e qualitativos sobre o metabolismo secundário de plantas medicinais são realizados pelo critério da sazonalidade. Vale destacar que com a mudança climática sazonal, todos os fatores mencionados acima, passam também por modificações. Por exemplo, um estudo que analisa as variações de metabólitos secundários entre o verão e o inverno. Dependendo da região geoclimática e características do bioma, irá ocorrer uma série de mudanças.

No clima de verão tropical do cerrado paulista as temperaturas médias são mais elevadas, podendo ter muitas tempestades, com umidades relativas altas, acarretando uma maior disponibilidade hídrica, que pode ser intensificada pelo tipo de solo e relevo. A face do morro onde a planta estiver pode ser mais sombreada ou ensolarada. O solo pode estar encoberto por matéria orgânica ou com baixas porcentagens. Os microrganismos, insetos e animais que vivem neste habitat podem se multiplicar se alimentar a partir da planta. No inverno a situação se inverte, há um menor índice de radiação, fotoperíodo de dias-curtos, temperaturas mais baixas, menor pluviosidade e umidade relativa etc. Também causando mudança nos níveis populacionais de organismos e suas atividades.

Isso torna difícil determinar qual é o fator realmente responsável por uma variação nos compostos ativos da planta. Algumas espécies podem possuir um perfil químico já estabelecido geneticamente, que com a variação de determinado fator, compostos de uma classe específica podem ser sintetizados com maior ou menor intensidade. Por outro lado, outras classes de compostos podem se manter relativamente constantes com qualquer que seja a variação dos fatores externos.

Portanto, observações de variações químicas em extratos vegetais e/ou óleos essenciais feitas em diferentes épocas do ano, podem fornecer apenas um indício de quais fatores podem estar afetando a sintetização dos compostos, sendo necessário outros estudos em ambientes controlados para determinar qual é o fator realmente responsável pelas diferenças.

A composição química encontrada no reino vegetal em nível de metabolismo primário é bem homogênea em qualquer nível da hierarquia taxonômica, ao passo que quando se consideram as composições químicas do metabolismo secundário, verifica-se heterogeneidade na composição química, especialmente ao comparar diferentes famílias, gêneros e espécies. As estruturas químicas resultantes do metabolismo secundário e suas rotas biosintéticas são frequentemente restritas aos organismos relacionados taxonomicamente, sendo, portanto, úteis na classificação. Ou seja, cada grupo taxonômico geralmente apresenta classes de compostos predominantes, as caracterizando química e taxonomicamente (SINGH; GEETANJALI, 2018).

Com base nesta informação é possível esperar que um gênero ainda não avaliado quimicamente dentro de uma família botânica qualquer, provavelmente apresente novos compostos com estruturas semelhantes, que podem, por sua vez, apresentar atividades biológicas semelhantes. As pesquisas farmacêuticas são guiadas por esta correlação positiva entre a estrutura do composto com as atividades biológicas. Este conhecimento quimiotaxonômico pode ser utilizado como uma das possíveis estratégias para prospecção de princípios ativos (HOFMANN, 2011). No caso da família Fabaceae, as principais classes de compostos produzidas são glicosídeos cianogênicos, saponinas, taninos, antocianinas e mucilagem e alcaloides (EVANS, 2009).

Em extratos hidroalcoólicos obtidos das folhas de *Copaifera* foram identificados flavonóis, ácidos galoilquínicos (FURTADO et al., 2018). Semelhantemente Nogueira et al., (2015), ao analisarem o extrato das folhas de *C. langsdorffii* identificaram majoritariamente compostos derivados de ácido galoilquínico e flavonóis. Entre os flavonóis foram identificados dois compostos com atividade biológica já validada pela literatura, quercitrina e afzelina. Segundo Alves et al. (2013), as folhas de *C. langsdorffii* são ricas em compostos fenólicos. Ao analisar o extrato das folhas os autores identificaram elevados teores de quercitrina e afzelina, dois compostos que demonstraram potencial antioxidante. Ao analisar as atividades biológicas do extrato de folhas de *C. malmei*, Adzu et al. (2015), sugeriram que os vários compostos identificados, entre eles, rutina, naringina, morina, luteolina, quercetina e kaempferol (flavonóides), podem

contribuir através de suas propriedades antioxidantes e antiinflamatórias para os efeitos gastroprotetores e antiúlcera verificados.

Em um estudo conduzido por Antonio et al. (2022), se analisaram amostras de extrato etanólico obtido das folhas de *C. langsdorffii* coletadas em diferentes biomas. Compostos derivados do ácido galoilquínico e flavonóis foram identificados por meio de “cromatografia líquida de ultra alta eficiência acoplada à espectrometria de massa de alta resolução” – UHPLC-HRMS. Os resultados indicaram que os teores destes compostos são variáveis de acordo com o bioma. A população de Mata Atlântica apresentou teores significativamente maiores de flavonóis enquanto a população de Cerrado apresentou maior quantidade de compostos derivados de ácido galoilquínico. Este estudo evidencia a variabilidade química afetada por fatores ambientais. Apesar da variabilidade, é notável que todos os estudos citados neste artigo, referentes ao extrato das folhas de diferentes espécies de *Copaifera*, identificaram compostos pertencentes à classe dos flavonóides, esta é uma pista relevante para pesquisas no campo da quimiotaxonomia, pois sugere uma possível característica compartilhada neste gênero botânico, possibilitando a utilização destes compostos como marcadores.

O extrato de *Copaifera langsdorffii* obtido das folhas mostrou propriedades gastroprotetoras em diferentes modelos animais de úlcera gástrica. O extrato contendo os flavonoides quercitrina e afzelina diminuiu a secreção gástrica e aumentou a produção de muco. A análise fitoquímica do extrato revelou a presença de sesquiterpenos e o ácido caurenóico foi o principal diterpeno isolado das folhas de *C. langsdorffii* (LEMOS et al., 2015).

A partir da hidrodestilação das folhas e outras partes aérea em espécies de *Copaifera* pode-se separar os óleos essenciais presentes em cavidades secretórias no limbo foliar. Os óleos essenciais são misturas complexas de compostos orgânicos voláteis, incluindo terpenos, terpenóides e outros compostos aromáticos (SADGROVE; JONES, 2015), podendo ser extraídos dos diversos órgãos vegetais. São amplamente produzidos na família Myrtaceae (CRONQUIST, 1981).

A maior parte dos estudos de caracterização química feitos com espécies de *Copaifera* é sobre a análise química do óleo-resina ou então, dos óleos essenciais obtidos das partes aéreas. Segundo Arruda et al. (2019), o óleo-resina (óleo de copaíba) é constituído por uma fração volátil onde predominam sesquiterpenos (principalmente cariofileno, copaeno e humuleno) e outra fração não volátil (resinosa) com predominância de ácidos diterpenicos. Os diterpenos encontrados no óleo de copaíba com maior

frequência são os ácidos hardiwickiico, covalênico, catívico, ent-agático, eperúico e copálico (VEIGA; PINTO, 2002). Souza Barbosa et al. (2013), ao analisarem a composição química 22 amostras do óleo-resina da espécie *C. multijuga*, identificaram 35 compostos entre sesquiterpenos e diterpenos. Foram detectados em todas as amostras os diterpenos ácido copálico e ácido pinifólico, sendo indicados como marcadores para esta espécie. Observou-se 3 grupos de similaridade qualitativa, sugerindo a existência de quimiotipos para esta espécie.

O óleo de copaíba é produzido em canais secretórios que estão presentes tanto no lenho do caule, quanto na raiz da árvore, que estão distribuídos ao longo das faixas marginais do parênquima que delimitam a camada de crescimento. Os canais secretores maduros são mais largos e separados uns dos outros por apenas uma fileira de células radiais. Estas células podem se romper originando a fusão destes canais secretores (RODRIGUES; MACHADO, 2009). Além dos canais secretores presentes no caule, há também as glândulas constituídas por cavidades, localizadas na lâmina foliar (observáveis a olho nu como as pontuações translúcidas). Esses canais e cavidades são formados por células meristemáticas fundamentais. Nas células que constituem o epitélio são produzidos os compostos fenólicos e no lúmen deposita-se o óleo-resina secretado (MILANI et al., 2012).

O óleo de copaíba é reconhecido como a maior fonte natural de β -cariofileno, composto com ação anti-inflamatória comprovada (DESMARCHELIER, 2010). Na identificação do óleo de copaíba se utiliza o ácido copálico como marcador, tendo em vista que este composto é o único presente em amostras de diversas espécies de *Copaifera* (PIERI et al., 2009). Alguns atributos observados para sua caracterização podem variar consideravelmente, como por exemplo, atributos físicos de coloração, viscosidade, assim como atributos químicos de sua composição (STEIGENBERGER; HERM, 2011). Como foi dito anteriormente, o único que apresenta uma coloração avermelhada é aquele obtido a partir da espécie *C. langsdorffii* (VEIGA; PINTO, 2002).

É possível realizar a extração dos óleos essenciais a partir do óleo-resina pelo método de hidrodestilação, à pressão reduzida ou arraste de vapor (VEIGA; PINTO, 2002). Os principais compostos identificados na fração volátil da espécie *C. langsdorffii* foram os sesquiterpenos, α -bergamoteno e α -himachaleno (ARRUDA et al., 2019). Em uma análise feita a partir do óleo da mesma espécie, Ferrari et al. (1971), identificaram os sesquiterpenos, cariofileno, copaeno e β -bisaboleno. Por outro lado, os principais

sesquiterpenos identificados óleo de *C. reticulata* foram β -bisaboleno, trans- α -bergamoteno e β -cariofileno, (HERRERO-JÁUREGUI et al., 2011).

Em um levantamento feito por Trindade et al., (2018), identificaram-se em diferentes estudos sobre a composição química da fração volátil do óleo de *Copaifera langsdorffii*, obtido de 4 artigos científicos, predominância de compostos diferentes. Destes 4 artigos, 3 obtiveram em seus resultados um teor elevado de β -cariofileno. Com exceção deste composto, os óleos apresentaram diferente perfis químicos. No entanto, as referências utilizadas neste estudo não detalharam sobre a coleta dos espécimes e identificação botânica, que deveriam preferencialmente fornecer o número de voucher gerado no herbário. Este tipo de informação é imprescindível, principalmente quando se está efetuando uma análise fitoquímica de espécies que apresentam taxa subordinados, como é o caso de *C. langsdorffii*, que possui 4 variedades: var. *glabra* (Vogel) Benth.; var. *grandifolia* Benth.; var. *langsdorffii*; e var. *laxa* (Hayne) Benth. (Legume Phylogeny Working Group, 2023).

Compostos diterpênicos isolados da fração não-volátil do óleo-resina de *C. trapezifolia* apresentaram efeitos citotóxicos relevantes contra a maioria das linhagens celulares tumorais em ensaios realizados por Carneiro et al. (2020). Neste estudo os pesquisadores identificaram um novo diterpeno, o ácido ent-labda-5,13-dien-15-óico a partir da espécie *C. trapezifolia*, que demonstrou ser mais eficiente em relação aos outros 13 compostos testados, obtidos de *C. multijuga* e *C. pubiflora*.

O óleo de copaíba pode favorecer o processo de cicatrização, como foi verificado por Estevão et al. (2013), a aplicação do produto foi responsável por uma maior proliferação de vasos sanguíneos em retalhos cutâneos realizados em ratos, diminuindo o desenvolvimento de necrose nas áreas retalhadas. Foram identificados 16 compostos no óleo, incluindo α -cubebeno, ciclosaviteno, α -copeno, β -cariofileno, γ -muuroleno, γ -patchoulene, trans- β -guaieno, epóxido de α -cedreno, zizanona, (Z)- α -santalol, mustakona, curcumenol, eremol ofilona, abieta-8,12-dieno, caureno e metil-9-octadecenoato.

Várias indicações etnofarmacológicas apontam para as múltiplas atividades biológicas dos óleos de copaíba relatadas, tais como, anti-inflamatória, cicatrizante, antimicrobiana, antileishmaniana, larvicida, antineoplásica e antinoceptiva (LEANDRO et al., 2012). Populações ribeirinhas no Estado do Amazonas utilizam o óleo-resina obtido de *C. multijuga* para tratar dores de garganta, febre e gripe (LAGO et al., 2016).

Resultados que validam a atividade antioxidante, anti-inflamatória e um potencial efeito antipsoriático do óleo-resina de *C. langsdorffii* foram verificados por Gelmini et al. (2012) em um ensaio clínico preliminar, com 3 pacientes afetados pela psoríase crônica, tratados com ingestão oral ou aplicação tópica da óleo-resina. A partir da análise do óleo de copaíba identificaram-se os seguintes compostos: α -bergamoteno, α -himachaleno, selineno e β -cariofileno (fração volátil); ácidos copálico, abiético, daniélico, lambertínico, labd-7-en-15-óico, pimárico, isopimárico e ácido kaur16-en18-óico (fração não volátil).

Óleos obtidos de *Copaifera martii*, *Copaifera officinalis* e *Copaifera reticulata* (coletados no estado do Acre), mostraram atividade antimicrobiana contra bactérias gram-positivas e atividade moderada contra fungos dermatófitos (SANTOS et al., 2008).

O óleo de copaíba de diferentes espécies apresentou níveis variáveis de ação antileishmaniose. A atividade antileishmaniose mais forte foi verificada na espécie *C. reticulata* coletada no estado do Pará. Os principais compostos identificados na fração volátil do óleo-resina foram α -copaeno, bergamoteno e β -cariofileno (SANTOS et al., 2008).

Em análises do óleo essencial obtido das folhas de *C. langsdorffii* identificaram-se 69 compostos, com maiores teores de α -copaeno, β -cariofileno, germacreno-D, spatulenol, óxido de cariofileno, α -cadinol e γ -muuroleno. Entre eles, predomina o composto β -cariofileno (NASCIMENTO et al., 2012), semelhantemente, a espécie *C. trapezifolia* também apresentou elevados teores do mesmo composto a partir de uma análise feita por cromatografia gasosa dos óleos essenciais obtidos das folhas (VEIGA et al., 2006). Trindade et al., (2018), ao analisar a composição química dos óleos essenciais obtidos das folhas de *C. trapezifolia* identificaram β -cariofileno, α -humuleno, germacreno D e spatulenol como compostos majoritários. Gramosa e Silveira (2005), analisaram óleos essenciais obtidos das diferentes partes de *C. langsdorffii* do nordeste brasileiro tendo como os principais compostos identificados nos óleos essenciais das folhas e frutos β -cariofileno e γ -muuroleno. Os estudos citados acima refletem um significativo empenho na validação e descoberta de novos compostos ativos presentes no óleo-resina das espécies de *Copaifera*, visando sua aplicação farmacêutica. Alguns destes estudos avaliaram a composição química da fração volátil do óleo-resina, enquanto outros destacaram uma notável semelhança qualitativa entre os terpenos identificados nos óleos essenciais das folhas e a fração volátil do óleo-resina. Essas descobertas sugerem o

potencial uso das folhas como uma fonte de matéria-prima para obtenção de compostos ativos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através da revisão bibliográfica foi possível obter uma visão abrangente dos aspectos botânicos, taxonômicos e fitoquímicos da *Copaifera* spp. no Estado de São Paulo. Os dados encontrados permitem afirmar que as espécies possuem um potencial valor econômico, especialmente por meio da extração do óleo-resina. No entanto, é importante ressaltar que a documentação sobre a exploração econômica dessas espécies no Estado de São Paulo é insuficiente, sendo evidente que a atividade econômica relacionada à matéria-prima de *Copaifera* spp. está concentrada na região Norte do Brasil, através de práticas extrativistas.

As informações apresentadas neste artigo podem servir como base para direcionar pesquisas nas áreas de fitotecnia, fitoquímica, farmacêutica, ecologia e sustentabilidade. Embora os estudos de fitotecnia geralmente foquem nas técnicas de manejo, seria importante dedicar esforços para pesquisas sobre a domesticação e cultivo dessas espécies. É imprescindível que se adotem medidas que incentivem a utilização criteriosa dos recursos naturais relacionados à *Copaifera* spp., evitando a sobre-exploração e o desaparecimento dessas espécies.

Além disso, é necessário realizar estudos mais aprofundados para determinar o perfil químico das espécies, com o objetivo de identificar quimiotipos e marcadores que possam distinguir uma espécie da outra. Essas informações também podem ser utilizadas para caracterizar a origem do produto e estabelecer parâmetros para um controle de qualidade mais eficaz.

A maior parte dos estudos farmacêuticos sobre o óleo de copaíba validam seu efeito cicatrizante e ação antiinflamatória devido aos elevados teores de β -cariofileno. O extrato das folhas de copaíba possui efeito antioxidante contendo principalmente flavonoides.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro concedido à realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- ADZU, B.; BALOGUN, S. O.; PAVAN, E.; ASCÊNCIO, S. D.; SOARES, I. M.; AGUIAR, R. W. S.; RIBEIRO, R. V.; BESERRA, A. M. S. S.; DE OLIVEIRA, R. G.; DA SILVA, L. I.; DAMAZO, A. S.; DE OLIVEIRA MARTINS, D. T. Evaluation of the safety, gastroprotective activity and mechanism of action of standardised leaves infusion extract of *Copaifera malmei* Harms. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 175, p. 378–389, 2015.
- ALVES, J. M. MUNARI, C. C.; NETO, M. A. B. M.; FURTADO, R. A.; SENEDESE, J. M.; BASTOS, J. K.; TAVARESA, D. C. In vivo protective effect of *Copaifera langsdorffii* hydroalcoholic extract on micronuclei induction by doxorubicin. **Journal of Applied Toxicology**, v. 33, n. 8, p. 854–860, 2013.
- ANTONIO, A. S.; FRANCO, L. O.; CARDOSO, S. R. S.; DOS SANTOS, G. R. C.; PEREIRA, H. M. G.; WIEDEMANN, L. S. M.; FERREIRA, P. G.; VEIGA-JUNIOR, V. F. Chemical variability of *Copaifera langsdorffii* Desf. from environmentally contrasting populations. **Natural Product Research**, v. 0, n. 0, p. 1–5, 2022. URL: <https://doi.org/10.1080/14786419.2022.2043856>
- ARRUDA, C.; MEJÍA, J. A. A.; RIBEIRO, V. P.; BORGES, C. H. G.; MARTINS, C. H. G.; VENEZIANI, R. C. S.; AMBRÓSIO, S. R.; BASTOS, J. K. Occurrence, chemical composition, biological activities and analytical methods on *Copaifera* genus—A review. **Biomedicine & Pharmacotherapy**, v. 109, p. 1–20, 2019.
- AZANI, N.; BABINEAU, M.; BAILEY, C. D.; BANKS, H. I. A new subfamily classification of the Leguminosae based on a taxonomically comprehensive phylogeny – The Legume Phylogeny Working Group (LPWG). **Taxon**, v. 66, n. 1, p. 44–77, 2017.
- CAMILLO, J. *Copaifera langsdorffii*. In: VIEIRA, R. F.; CAMILLO, J.; CORADIN, L. **Espécies nativas da Flora Brasileira de valor econômico atual ou potencial: Plantas para o futuro – região Centro-Oeste**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, p. 731 – 746. 2016.
- CARNEIRO, L. CARNEIRO, L. J.; TASSO, T. O.; SANTOS, M. F. C.; GOULART, M. O.; DOS SANTOS, R. A.; BASTOS, J. K.; DA SILVA, J. J. M.; CROTTI, A. E. M.; PARREIRA, R. L. T.; ORENHA, R. P.; VENEZIANI, R. C. S.; AMBRÓSIO, S. R. *Copaifera multijuga*, *Copaifera pubiflora* and *Copaifera trapezifolia* Oleoresins: Chemical Characterization and in vitro Cytotoxic Potential against Tumoral Cell Lines. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, 2020.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Volume 1. Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2003.
- COSTA, F. G. **Os folheiros do jaborandi: organização, parcerias e seu lugar no extrativismo amazônico**. 2012. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido) – Universidade Federal do Pará, Núcleo de Altos Estudos Amazônicos, Belém, 2012.
- COSTA, J. A. S. *Copaifera* in **Flora e Funga do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB22896>. Acesso em: 21 mar. 2023.
- COSTA, J. A. S. *Copaifera* in **Flora e Funga do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB28113>. Acesso em: 23 mar. 2023
- COSTA, J. A. S. *Copaifera* in **Flora e Funga do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB82976>. Acesso em: 21 mar. 2023
- COSTA, J. A. S.; QUEIROZ, L. P. Lectotypifications and nomenclatural notes in *Copaifera* (Leguminosae-Caesalpinioideae-Detarieae). **Kew Bulletin**, v. 65, n. 3, p. 475-478, 2010.
- COSTA, J. A. S.; QUEIROZ, L. P. DE. *Copaifera sabulicola* (Leguminosae), uma nova espécie do cerrado brasileiro. **Rodriguésia**, v. 58, n. 2, p. 393–396, abr. 2007.
- CRONQUIST, A. **An integrated system of classification of flowering plants**. Columbia university press. 1981.

- DA TRINDADE, R.; DA SILVA, J. K.; SETZER, W. N. *Copaifera* of the Neotropics: A Review of the Phytochemistry and Pharmacology. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 19, n. 5, p. 1511, 2018.
- DE OLIVEIRA MOREIRA, A. C.; BRAGA, J. W. B. Authenticity Identification of Copaiba Oil Using a Handheld NIR Spectrometer and DD-SIMCA. **Food Analytical Methods**, v. 14, n. 5, p. 865–872, 2021.
- DESMARCHELIER, C. Neotropics and natural ingredients for pharmaceuticals: why isn't South American biodiversity on the crest of the wave? **Phytotherapy Research**, v. 24, n. 6, p. 791–799, 2010.
- DO NASCIMENTO, M. E.; ZOGHBI, M. G. B.; PINTO, J. E. B. P.; BERTOLUCCI, S. K. V. Chemical variability of the volatiles of *Copaifera langsdorffii* growing wild in the Southeastern part of Brazil. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 43, p. 1–6, 2012.
- DO, T. K. T.; HADJI-MINAGLOU, F.; ANTONIOTTI, S.; FERNANDEZ, X. Authenticity of essential oils. **Trends in Analytical Chemistry**, v. 66, p. 146–157, 2015.
- DUKE, J. A. **Duke's handbook of medicinal plants of Latin America**. Boca Raton, Florida: CRC Press, 2009.
- DWYER, J. D. The central American, west Indian, and South American species of *Copaifera* (caesalpiniaceae). **Brittonia**, v. 7, n. 3, p. 143–172, 1951. URL: <https://doi.org/10.2307/2804703>
- ESTEVIÃO, L. R. M. DE MEDEIROS, J. P.; BARATELLA-EVÊNCIO, L.; SIMÕES, R. S.; MENDONÇA, F. S.; EVÊNCIO-NETO, J. Effects of the topical administration of copaiba oil ointment (*Copaifera langsdorffii*) in skin flaps viability of rats. **Acta Cirúrgica Brasileira**, v. 28, p. 863–869, 2013.
- EVANS, W. C. **Pharmacognosy**. 16th edition. International Edition: Saunders Elsevier, 2009.
- FERNANDES, T. M. **Plantas medicinais: memória da ciência no Brasil**. Editora Fiocruz. 2004.
- FERRARI, M.; PAGNONI, U. M.; PELIZZONI, F.; LUKEŠ, V.; FERRARI, G. Terpenoids from *Copaifera langsdorffii*. **Phytochemistry**, v. 10, n. 4, p. 905–907, 1971.
- FURTADO, R. A. DE OLIVEIRA, P. F.; SENEDESE, J. M.; OZELINA, S. D.; DE SOUZA, L. D. R.; LEANDRO, L. F.; DE OLIVEIRA, W. L.; DA SILVA, J. J. M.; OLIVEIRA, L. C.; ROGEZ, H.; AMBRÓSIO, S. R.; VENEZIANI, R. C. S.; BASTOS, J. K.; TAVARES, D. C. Assessment of genotoxic activity of oleoresins and leaves extracts of six *Copaifera* species for prediction of potential human risks. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 221, p. 119–125, 2018.
- GELMINI, F.; BERETTA, G.; ANSELMINI, C.; CENTINI, M.; MAGNI, P.; RUSCICA, M.; CAVALCHINI, A.; FACINO, R. M. GC–MS profiling of the phytochemical constituents of the oleoresin from *Copaifera langsdorffii* Desf. and a preliminary in vivo evaluation of its antipsoriatic effect. **International journal of pharmaceutics**, v. 440, n. 2, p. 170–178. 2012.
- GOBBO-NETO, L.; LOPES, N. P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova**, v. 30, n. 2, p. 374–381, 2007.
- GRAMOSA, N. V.; SILVEIRA, E. R. Volatile Constituents of *Copaifera langsdorffii* from the Brazilian Northeast. **Journal of Essential Oil Research**, v. 17, n. 2, p. 130–132, 2005.
- HERRERO-JÁUREGUI, C.; CASADO, M. A.; ZOGHBI, M. G. B.; MARTINS-DA-SILVA, R. C. Chemical Variability of *Copaifera reticulata* Ducke Oleoresin. **Chemistry & Biodiversity**, v. 8, n. 4, p. 674–685, 2011.
- HOFMANN, A. **LSD and the divine scientist: the final thoughts and reflections of Albert Hofmann**. Vermont: Park Street Press, 2013.

LEANDRO, L. M. VARGAS, F. S.; BARBOSA, P. C. S.; NEVES, J. K. O.; DA SILVA, J. A.; VEIGA-JUNIOR, V. F. Chemistry and Biological Activities of Terpenoids from Copaiba (*Copaifera* spp.) Oleoresins. **Molecules**, v. 17, n. 4, p. 3866–3889, 2012.

LAGO, J. H. G.; TEZOTO, J.; YAZBEK, P. B.; CASSAS, F.; SANTOS, J. F. L.; RODRIGUES, E. Exudates used as medicine by the “caboclos river-dwellers” of the Unini River, AM, Brazil – classification based in their chemical composition. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 26, p. 379–384, 2016.

LEE, J.; WANG, M.; ZHAO, J.; ALI, Z.; HAWWAL, M. F.; KHAN, I. A. Chemical Characterization and Quality Assessment of Copaiba Oil-Resin Using GC/MS and SFC/MS. **Plants**, v. 12, n. 8, p. 1619-1625, 2023.

LEGUME PHYLOGENY WORKING GROUP. In: LEGUME DATA PORTAL [Subfamily Detarioideae], 2023. Disponível em: <https://www.legumedata.org/taxonomy/detarioideae/>. Acesso em: 21 jun. 2023.

LEMONS, M.; SANTIN, J. R.; MIZUNO, C. S.; BOEING, T.; SOUSA, J. P. B. D.; NANAYAKKARA, D.; BASTOS, J. K.; ANDRADE, S. F. D. *Copaifera langsdorffii*: evaluation of potential gastroprotective of extract and isolated compounds obtained from leaves. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 25, p. 238-245, 2015.

LEITE, A. C. P. **Neoextrativismo e Desenvolvimento no Estado do Acre**: o caso do manejo comunitário do óleo de copaíba na Reserva Extrativista Chico Mendes. 2004. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Florianópolis, 2004.

MARTINS-DA-SILVA, R. C. V.; PEREIRA, J. F.; DE LIMA, H. C. O gênero *Copaifera* (Leguminosae – Caesalpinioideae) na Amazônia brasileira. **Rodriguésia**, v. 59, n. 3, p. 455–476, 2008.

MARUYAMA, A.; GIBAU, A.; DE PAULA-SOUZA, J.; COSTA, J. A. S. On the distribution of two species of *Copaifera* L. (Leguminosae) from the Brazilian Cerrado, and the first record of *C. malmei* Harms in São Paulo state, Brazil. **Check List**, v. 17, p. 253–260, 2021.

MEDEIROS, R. DA S. VIEIRA, G.; DE ALMEIDA, D. R. A.; FO, M. T. New information for managing *Copaifera multijuga* Hayne for oleoresin yield. **Forest Ecology and Management**, v. 414, p. 85–98, 2018.

MILANI, J. F.; ROCHA, J. F.; DE PÁDUA TEIXEIRA, S. Oleoresin glands in copaiba (*Copaifera trapezifolia* Hayne: Leguminosae), a Brazilian rainforest tree. **Trees**, v. 26, n. 3, p. 769–775, 2012. <https://doi.org/10.1007/s00468-011-0642-y>

NOGUEIRA, M. S.; FURTADO, R. A.; BASTOS, J. K. Flavonoids and Methoxy-galloylquinic Acid Derivatives from the Leaf Extract of *Copaifera langsdorffii* Desf. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 63, n. 31, p. 6939–6945, 12 ago. 2015. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b01588>

PIERI, F. A.; MUSSI, M. C.; MOREIRA, M. A. S. Óleo de copaíba (*Copaifera* spp.): histórico, extração, aplicações industriais e propriedades medicinais. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 11, n. 4, p. 465–472, 2009.

RED list. In: INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE. 2022. Disponível em: <https://www.iucnredlist.org/species/149205248/149205250>. Acesso em: 22 abr. 2023.

RODRIGUES, T. M.; MACHADO, S. R. Developmental and structural features of secretory canals in root and shoot wood of *Copaifera langsdorffii* Desf. (Leguminosae–Caesalpinioideae). **Trees**, v. 23, n. 5, p. 1013–1018, 1 out. 2009. <https://doi.org/10.1007/s00468-009-0343-y>

SADGROVE, N.; JONES, G. A Contemporary Introduction to Essential Oils: Chemistry, Bioactivity and Prospects for Australian Agriculture. **Agriculture**, v. 5, n. 1, p. 48–102, 2015.

- SANTOS, A. O. D.; UEDA-NAKAMURA, T.; DIAS FILHO, B. P.; VEIGA JUNIOR, V. F.; PINTO, A. C.; NAKAMURA, C. V. Antimicrobial activity of Brazilian copaiba oils obtained from different species of the *Copaifera* genus. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 103, p. 277-281, 2008.
- SANTOS, A. O.; UEDA-NAKAMURA, T.; DIAS FILHO, B. P.; JUNIOR, V. F. V.; PINTO, A. C.; NAKAMURA, C. V. Effect of Brazilian copaiba oils on *Leishmania amazonensis*. **Journal of ethnopharmacology**, v. 120, n. 2, p. 204-208, 2008.
- SINGH, R.; GEETANJALI. Chemotaxonomy of Medicinal Plants. In: **Natural Products and Drug Discovery**. p. 119–136, 2018.
- SOUZA BARBOSA, P. C.; WIEDEMANN, L. S. M.; MEDEIROS, R. S.; P. T. B.; VIEIRA, G.; DA VEIGA-JUNIOR, V. F. Phytochemical Fingerprints of Copaiba Oils (*Copaifera multijuga* Hayne) Determined by Multivariate Analysis. **Chemistry & Biodiversity**, v. 10, n. 7, p. 1350–1360, 2013.
- SOUZA, V. C.; SANCHES, I. D. *Copaifera* L. In: TOZZI, A. M. G. A. **Flora fanerogâmica do Estado de São Paulo online**. São Paulo: Instituto de Botânica, p. 71 - 72. 2016.
- STEIGENBERGER, G.; HERM, C. Natural resins and balsams from an eighteenth-century pharmaceutical collection analysed by gas chromatography/mass spectrometry. **Analytical and Bioanalytical Chemistry**, v. 401, p. 1771-1784, 2011.
- TAPPIN, M. R. R.; PEREIRA, J. G. G.; LUCILENE A. LIMA, L. A.; SIANI, A. C. Análise química quantitativa para a padronização do óleo de copaíba por cromatografia em fase gasosa de alta resolução. **Química Nova**, v. 27, n. 2, p. 236–240, 2004.
- VEIGA JR., V. F.; PATITUCCI, M. L.; PINTO, A. C. Controle de autenticidade de óleos de copaíba comerciais por cromatografia gasosa de alta resolução. **Química Nova**, v. 20, p. 612–615, 1997.
- VEIGA, V. F.; PINTO, A. C. The *Copaifera* L. genus. **Química Nova**, v. 25, n. 2, p. 273–286, 2002.
- VEIGA, V. F.; PINTO, A. C.; DE LIMA, H. C. The Essential Oil Composition of *Copaifera trapezifolia* Hayne Leaves. **Journal of Essential Oil Research**, v. 18, n. 4, p. 430–431, jul. 2006.
- ZANINI, A. C.; BASILE, A. C.; SERTIE, J. A. A.; FREITAS, P. C. D. D. Anti-inflammatory activity of oleoresin from Brazilian *Copaifera*. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 22, n. 1, p. 101-109. 1988.