

# **ANÁLISE QUÍMICA E AVALIAÇÃO DAS ATIVIDADES ANTIFÚNGICAS E ANTIOXIDANTE DO ÓLEO ESSENCIAL DE *BURSERA GRAVEOLENS* (PALO SANTO)**

## **CHEMICAL ANALYSIS AND EVALUATION OF ANTIFUNGAL AND ANTIOXIDANT ACTIVITIES OF *BURSERA GRAVEOLENS* ESSENTIAL OIL (PALO SANTO)**

**Nathália Kizem Cuel Carriço<sup>1</sup>**

**Fernando Fontes Barcelos<sup>2</sup>**

### **RESUMO**

A *Bursera graveolens*, conhecida popularmente como "Palo Santo", é uma árvore da família Burseraceae, originária de regiões tropicais da América. As espécies dessa família são particularmente conhecidas por sua capacidade de produzir resinas aromáticas e óleos essenciais ricos em compostos bioativos, como terpenoides, esteroides, lignanas e flavonoides, demonstrando potencial uso terapêutico. O presente trabalho teve como objetivo a análise do óleo essencial de *Bursera graveolens* (Palo Santo), enfatizando seu rendimento, composição química, atividade antifúngica e potencial antioxidante. A extração do óleo foi realizada por meio de hidrodestilação de duas amostras comerciais, com rendimentos entre 9,0% e 4,33% nas amostras analisadas. A caracterização química do óleo foi realizada por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (CG-EM), identificando 22 compostos na amostra I e 23 na amostra II, com destaque para os terpenóides limoneno,  $\alpha$ -terpineol, junenol e *o*-cimeno, que se mostraram os principais componentes. Quanto à atividade biológica, o óleo essencial apresentou efeitos antifúngicos importantes contra *Candida albicans* e *Candida tropicalis*, com valores de concentração inibitória mínima (CIM) de 2,0 mg/mL. Em relação à atividade antioxidante, os testes realizados indicaram potencial de 78,27 e 77,27 Eq de sulfato ferroso para as amostras I e II, respectivamente, embora inferior ao dos padrões utilizados de quercetina, ácido gálico e vitamina C, com seus respectivos potenciais de 82,14; 85,52 e 87,71 Eq de sulfato ferroso. Os estudos e estes resultados sugerem que o óleo essencial de *Bursera graveolens* possui

---

<sup>1</sup> Acadêmica em Biomedicina pela Universidade Vila Velha-UVV.

<sup>2</sup> Professor Doutor da Universidade Vila Velha

potencial promissor para aplicações na terapêutica em saúde, sendo necessária a continuidade das pesquisas buscando e/ou confirmando suas propriedades e gerando evidências científicas.

**Palavras-chave:** *Bursera graveolens*; óleo essencial; composição química; atividade antifúngica; atividade antioxidante;

### ABSTRACT

*Bursera graveolens*, commonly known as "Palo Santo," is a tree from the Burseraceae family, native to tropical regions of the Americas. Species from this family are particularly recognized for their ability to produce aromatic resins and essential oils rich in bioactive compounds such as terpenoids, steroids, lignans, and flavonoids, demonstrating potential therapeutic use. This study aimed to analyze the essential oil of *Bursera graveolens*, focusing on its yield, chemical composition, antifungal activity, and antioxidant potential. The oil was extracted via hydrodistillation from two commercial samples, yielding between 9.0% and 4.33%. Chemical characterization was performed using gas chromatography coupled with mass spectrometry (GC-MS), identifying 22 compounds in sample I and 23 in sample II, with notable terpenoids limonene,  $\alpha$ -terpineol, junenol, and o-cimene as the primary constituents. The biological activity of the essential oil exhibited significant antifungal effects against *Candida albicans* and *Candida tropicalis*, with minimum inhibitory concentration (MIC) values of 2.0 mg/mL. Regarding antioxidant activity, the samples demonstrated potential of 78.27 and 77.27 iron sulfate equivalents, respectively, although lower than those of the standards quercetin, gallic acid, and vitamin C, which showed potentials of 82.14, 85.52, and 87.71 iron sulfate equivalents. These findings suggest that the essential oil of *Bursera graveolens* holds promising potential for therapeutic health applications, warranting further research to confirm and explore its properties, generating scientific evidence.

**Keywords:** *Bursera graveolens*; essential oil; chemical composition; antifungal activity; antioxidant activity.

## 1 INTRODUÇÃO

Nativa de regiões da América tropical, sobretudo do Sul Mexicano até o Peru, a *Bursera graveolens*, popularmente conhecida como "Palo Santo" ou "madeira sagrada", é uma árvore da família Burseraceae, que inclui aproximadamente 18 gêneros e mais de 700 espécies. As espécies do gênero *Bursera*, do qual *Bursera graveolens* é um representante, são particularmente conhecidas por sua capacidade de produzir resinas aromáticas e óleos essenciais ricos em compostos bioativos, como terpenoides, esteroides, lignanas e flavonoides (ESPINOZA, 2021)

Essas resinas desempenham um papel essencial na defesa da planta contra herbívoros e patógenos, além de contribuírem para a sua identidade olfativa. Seu aroma característico, descrito na literatura como doce, picante e balsâmico possui aplicações comerciais e locais, uma vez que é utilizado ancestralmente em rituais religiosos de comunidades tradicionais da América Andina, como nas províncias de Imbabura e Manabí, localizadas na porção noroeste do Equador. Essas comunidades acreditam no poder da fumaça densa oriunda da queima dessa madeira para o afastamento de maus espíritos e para a harmonização de ambientes fechados (SALTOS *et al.*, 2022)

Em uma perspectiva etnobiológica, compreende-se como a espécie possui uma rica tradição cultural e medicinal atrelada ao seu uso histórico como incenso em rituais religiosos e na medicina natural como analgésico, sedativo, sudorífico e no tratamento de reumatismo. No que tange sua fisiologia, a *Bursera graveolens* pode atingir alturas entre 8 e 15 metros e possui um tronco liso e acinzentado. A planta apresenta um crescimento relativamente rápido e é capaz de prosperar em condições de solo árido, rochoso e com baixa fertilidade, adaptando-se a ambientes adversos. As propriedades terapêuticas atribuídas ao óleo essencial extraído da planta, como atividades antioxidantes, antifúngicas, antimicrobianas e anti-inflamatórias, ressaltam seu potencial na medicina moderna e na farmacologia (SOSA *et al.*, 2023).

Nesse sentido, pode-se caracterizar os óleos essenciais como extratos concentrados obtidos a partir de plantas medicinais, contendo uma combinação complexa de compostos voláteis que conferem aroma e propriedades terapêuticas. Esses extratos têm ganhado destaque nas práticas de cuidado em saúde, sendo amplamente utilizados em abordagens terapêuticas integrativas e complementares. A Política Nacional de Práticas Integrativas e Complementares no Sistema Único de Saúde (SUS), aprovada pelo Ministério da Saúde, reconhece a importância das plantas medicinais e da fitoterapia no tratamento de diversas condições de saúde (BRASIL, 2006). Essa inclusão tem contribuído para o crescimento da

prática fitoterápica no país, refletindo um crescente interesse por alternativas naturais e complementares no cuidado à saúde (FEITOSA *et al.*, 2016).

Entretanto, a segurança e a eficácia no uso de óleos essenciais dependem de fatores cruciais. É fundamental garantir a identificação correta da planta, compreender quais partes são utilizadas, o modo de preparo, a forma de uso e a dosagem apropriada. Esses aspectos devem ser baseados em saberes populares consolidados e respaldados por evidências científicas rigorosas (COLET *et al.*, 2015). Dessa forma, a integração desses conhecimentos é essencial para promover práticas seguras e eficazes no uso de óleos essenciais, ampliando suas aplicações no contexto da saúde e do bem-estar.

Apesar de suas múltiplas utilidades, a pesquisa sobre a composição química e as propriedades biológicas de *Bursera graveolens* ainda é incipiente. Este trabalho tem como objetivo analisar a composição química do óleo essencial de *Bursera graveolens* e avaliar suas propriedades antifúngicas e antioxidantes. Através deste estudo, pretende-se contribuir para um melhor entendimento das aplicações farmacológicas deste óleo essencial, ressaltando sua relevância no contexto dos cuidados em saúde e abrindo possibilidades para novas abordagens terapêuticas baseadas em plantas medicinais da cultura popular latino americana.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

A revisão a seguir aborda as propriedades bioativas do óleo essencial de *Bursera graveolens* (Palo Santo), com ênfase em sua atividade antifúngica e antioxidante. A partir de uma análise da composição química do óleo essencial e da literatura existente, serão discutidas as potencialidades terapêuticas da planta e suas aplicações farmacológicas, além das lacunas e das necessidades de investigações mais profundas nessa área.

### **2.1 COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS ÓLEOS ESSENCIAIS**

Os óleos essenciais possuem uma composição química complexa composta principalmente por terpenoides, como monoterpenos e sesquiterpenos, além de compostos oxigenados, como aldeídos, álcoois, ésteres, cetonas e fenóis. Essas substâncias desempenham papéis biológicos cruciais nas plantas, como defesa contra predadores, atração de polinizadores e proteção contra estresses ambientais, como variações climáticas e falta de nutrientes (BAKALLI *et al.*, 2008). A composição dos óleos essenciais, no entanto, não é estática e pode ser influenciada por fatores ambientais, como luminosidade, temperatura e características do solo, que afetam diretamente a biossíntese dos compostos (MORAIS, 2009).

Os principais constituintes dos óleos essenciais podem ser agrupados em dois tipos químicos principais: os terpenoides e os fenilpropanoides. Os terpenoides, que são os componentes mais abundantes e com funções amplas nas plantas, são derivados de unidades de carbono obtidas do pirofosfato de isopentenila e do pirofosfato de dimetilalila. Estes compostos estão envolvidos em processos biológicos essenciais, como a produção de hormônios e pigmentos fotossintéticos, desempenhando papel fundamental no crescimento e desenvolvimento das plantas (GONÇALVES *et al.*, 2003 *apud* OLIVEIRA *et al.*, 2014). Por outro lado, os fenilpropanoides, compostos menos frequentes, são responsáveis pela adição de características sensoriais, como aroma e sabor, e também contribuem para as propriedades terapêuticas dos óleos essenciais, embora sua presença seja geralmente em menores quantidades (TURNER *et al.*, 2000 *apud* OLIVEIRA, 2014).

A interação entre terpenoides e fenilpropanoides confere aos óleos essenciais uma gama de propriedades biológicas de interesse terapêutico. Entre as mais destacadas estão as ações antimicrobiana, antioxidante e anti-inflamatória, que têm sido exploradas em tratamentos médicos, cosméticos e alimentícios (SIANI *et al.*, 2012). A presença desses compostos nos óleos essenciais explica sua ampla aplicação em diferentes áreas, especialmente no desenvolvimento de alternativas naturais para o controle de infecções, envelhecimento celular e inflamações.

## 2.2 PROPRIEDADES ANTIFÚNGICAS DOS ÓLEOS ESSENCIAIS

Os óleos essenciais possuem propriedades antifúngicas reconhecidas, que os tornam eficazes no combate a uma ampla gama de fungos patogênicos. Essas propriedades estão relacionadas à composição química dos óleos, que inclui compostos bioativos como terpenos, fenilpropanoides e compostos oxigenados, que apresentam atividade antimicrobiana e antifúngica. Entre os principais constituintes responsáveis por essa ação, destacam-se os monoterpenos e sesquiterpenos, como o limoneno, o pineno e o cariofileno, além de outros compostos como aldeídos e álcoois (DEANS, 1993; GONÇALVES *et al.*, 2003).

A atividade antifúngica dos óleos essenciais pode ser explicada pelo seu mecanismo de ação, que envolve a interação desses compostos com as membranas celulares dos fungos. Os óleos essenciais podem alterar a permeabilidade das membranas, afetando a integridade celular e inibindo a proliferação dos microrganismos. Além disso, esses compostos podem interferir na síntese de proteínas e na formação de esporos, fatores essenciais para o crescimento e a disseminação de fungos (BAKKALI *et al.*, 2008).

Nesse sentido, é relatado em literatura que o óleo essencial de *Bursera graveolens* inibe o crescimento de células tumorais da mama e de amastigotas de *Leishmania amazonensis*, ao mesmo tempo em que exibe propriedades antioxidantes, antifúngicas e anticancerígenas (MONZOTE *et al.*, 2012).

Entre os principais constituintes do óleo de *Bursera graveolens* responsáveis por essa atividade, pode-se analisar o limoneno, um monoterpene que altera a membrana celular dos fungos, o  $\alpha$ -pineno, que também tem efeito contra fungos como *Candida* e *Aspergillus*, e o cariofileno, um sesquiterpene eficaz contra infecções cutâneas fúngicas (LAURINTINO *et al.*, 2023). Além disso, compostos fenólicos e aldeídos presentes no óleo, como o ácido cafeico, ajudam a inibir o crescimento fúngico ao interferir nas enzimas essenciais dos fungos.

### 2.2.1 O GÊNERO CANDIDA

As leveduras são fungos unicelulares, não filamentosos, tipicamente esféricos ou ovais. São amplamente distribuídas na natureza. Algumas leveduras produzem brotos que são chamados de pseudo-hifas que normalmente estão presentes em *Candida albicans* para invadir os tecidos mais profundos em células humanas (TORTORA; FUNKE; CASE, 2012 *apud* DE OLIVEIRA., 2014).

O gênero *Candida* está associado a infecções oportunistas, em pacientes imunodeprimidos. As células de *Candida* são eucariotas, a parede celular contém glicoproteínas que são glicanas e principalmente mananas. Também estão presentes lipídeos e quitina. A espécie é aeróbia obrigatória, cresce satisfatoriamente em ágar sangue ou ágar Sabouraud (HIRSH; ZEE, 2012).

O gênero *Candida* é vasto e inclui mais de 200 espécies descritas até o momento, embora nem todas sejam patogênicas para os seres humanos. A *Candida albicans* é a espécie mais comum, causando infecções como candidíase oral e vaginal, além de infecções graves em imunocomprometidos. *Candida glabrata* é resistente ao fluconazol e está associada a infecções hospitalares e urinárias, especialmente em pacientes com HIV. *Candida tropicalis* causa infecções sistêmicas em imunocomprometidos, como candidemia, e apresenta resistência a antifúngicos. *Candida parapsilosis* é frequentemente encontrada em infecções associadas a dispositivos médicos, principalmente em recém-nascidos, e também pode desenvolver resistência, complicando o tratamento (LIMA, 2006; SIDRIM, 1999).

## 2.3 PROPRIEDADES ANTIOXIDANTES

Os radicais livres, conhecidos por promoverem o envelhecimento celular e estarem relacionados a doenças como câncer e doenças cardiovasculares, geram o estresse oxidativo, um desequilíbrio entre agentes oxidantes e antioxidantes no organismo. Antioxidantes, presentes tanto endogenamente quanto em alimentos, como as vitaminas E e C e minerais como o selênio, desempenham um papel crucial na proteção das células, prevenindo danos ao DNA e outras macromoléculas (SOUSA *et al.*, 2007). Compostos antioxidantes naturais ou sintéticos têm a capacidade de estabilizar e prevenir a oxidação, protegendo organismos e alimentos (BROINIZI *et al.*, 2008).

No contexto dos óleos essenciais, o óleo de *Bursera graveolens* se destaca por suas propriedades antioxidantes. Com uma composição rica em terpenos e outros compostos bioativos, esse óleo essencial é eficaz na neutralização de radicais livres, contribuindo para a proteção celular e prevenção de doenças relacionadas ao estresse oxidativo. Estudos demonstram que a atividade antioxidante do óleo de *Bursera graveolens* se compara à de outros antioxidantes naturais, ajudando a controlar os danos causados pela oxidação celular e promovendo benefícios terapêuticos importantes (BRAND-WILLIAMS *et al.*, 1995 *apud* DE OLIVEIRA, 2014).

## 3 MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizada uma pesquisa bibliográfica e os descritores utilizadas foram: “Óleo Essencial”, “*Bursera graveolens*”, “Burseraceae”, “Análise Química”, “Atividade Biológica” e “Atividade Antioxidante”, que estão incluídas no DeCS (Descritores em Ciências da Saúde), para adquirir assim maior clareza em relação ao tema nos critérios pré-estabelecidos.

Para a etapa experimental da pesquisa foram utilizados os seguintes materiais e métodos:

### 3.1 AMOSTRAGEM E PREPARAÇÃO DE MATÉRIA-PRIMA

A amostra utilizada teve origem comercial. O material lenhoso e seco da planta *Bursera graveolens* foi adquirido em duas amostras de 40 g cada. A matéria prima foi pesada em balança de precisão e moída em moinho de facas, pelo tempo de 60 segundos. A amostra foi acondicionada e armazenada em refrigeração a 6 °C.

### 3.2 EXTRAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL

No Laboratório de Ciências Químicas da Universidade Vila Velha foram realizadas três hidrodestilações com arraste de vapor d'água, em aparelho do tipo Clevenger, por quatro horas, em potência de 60%. A primeira extração (Extração I) foi realizada a partir da amostra comercial A e a segunda e terceira extrações (Extrações II e III) a partir da amostra comercial B. A proporção de amostra e de água destilada utilizadas foi de 3:40 em todas as extrações. O material foi depositado em balão de capacidade 1000 mL. Foram acrescentados 400 mL de água destilada na vidraria, que foi acoplada ao hidrodestilador e colocada na manta aquecedora, por um período de quatro horas. O óleo essencial extraído foi retirado da Clevenger e acondicionado em frasco de vidro âmbar, sendo identificado com a data da extração e o rendimento do óleo. Os frascos foram envoltos com papel parafilme e mantidos sob refrigeração (CASTRO, 2006). De posse das amostras de óleo essencial de *Bursera graveolens* das três extrações, a pesquisa desenvolveu as seguintes etapas.

### 3.3 RENDIMENTO DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Bursera graveolens*

Para o cálculo de rendimento de óleo essencial de cada período de coleta (Extração I, II e III), foi utilizada a seguinte fórmula:

$$\text{Rendimento} = \frac{\text{Massa de óleo essencial obtido (g)} \times 100}{\text{Massa do material vegetal}}$$

### 3.4 AVALIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA (CG-EM)

Os óleos essenciais foram analisados por Cromatografia Gasosa Acoplada à Espectrometria de Massas (CG-EM) em um equipamento da marca Shimadzu, modelo GCMS-QP2020 NX, equipado com amostrador automático modelo AOC-20i e com uma coluna Rtx-5Sil MS de 30 m x 250 µm x 0,25 µm. As amostras foram diluídas em hexano (2000 mg/L) e o volume injetado foi de 1,0 µL, com o injetor a 250 °C, no modo split 1:20. O gás hélio foi utilizado como gás de arraste e a temperatura inicial da coluna foi de 60 °C. Foi utilizada uma taxa de aquecimento de 3 °C/minuto até 180 °C e aumentada para 240 °C a 10 °C/min. A detecção do EM prosseguiu no modo de impacto de elétrons, utilizando uma energia de ionização de 70 eV. A faixa de varredura foi de m/z 35 a 500.

Uma série de n-alcanos foi analisada nas mesmas condições cromatográficas possibilitando a determinação dos índices de retenção das substâncias. Os principais constituintes químicos da amostra foram propostos pela comparação dos espectros de massas com a

base de dados da biblioteca NIST, posteriormente comparando-se os índices de retenção com a literatura (ADAMS, 2009; CHEMISTRY WEBBOOK, 2024).

### 3.5 ATIVIDADE ANTIFÚNGICA

Para a análise da atividade antifúngica do Óleo Essencial de *Bursera graveolens* foi utilizado o Protocolo do Teste Susceptibilidade Leveduras M27-A3 (CLINICAL AND LABORATORY STANDARDS INSTITUTE, 2008).

#### Cultivo das leveduras:

Repique do fungo em meio de cultura AS (ágar sabouraud) ou AB (ágar dextrose batata) por 24h para *Candida spp.* ou 48h para *C. parapsilosis* a 35 °C.

#### Preparo do inóculo:

Com auxílio de alça estéril, foram tocadas cinco colônias que apresentavam o mesmo diâmetro e morfologia. As colônias foram suspensas em solução salina 0,85%. A suspensão foi agitada em vortex, por 15 segundos, e a densidade ajustada em espectrofotômetro, em transmitância de 85% a 90%, a 530 nm.

A suspensão foi diluída 1:50, seguida de uma diluição 1:20 em RPMI, obtendo-se concentração entre  $1 \times 10^3$  e  $5 \times 10^3$  UFC/mL. A suspensão de células (inóculo) foi diluída (duas vezes) 1:1. Deste modo, os poços foram inoculados e o tamanho de inóculo final desejado foi alcançado ( $0,5 \times 10^3$  a  $2,5 \times 10^3$  UFC/mL).

#### Meio de cultura para teste de susceptibilidade:

O meio de cultura RPMI-1640 (com glutamina, sem bicarbonato de sódio, com vermelho fenol e indicador de pH) tamponado com MOPS [3- (N-morfolino) propanosulfônico], em concentração de 0,165 mol/L em pH 6,9 a 7,1, a 25°C (com 0,5 g de glicose) e esterilizado por filtração foi utilizado para o ensaio de susceptibilidade.

#### Ensaio de susceptibilidade:

O ensaio foi realizado em microplaca de 96 poços na seguinte ordem:

Poço controle de crescimento (controle do solvente): foi adicionado 0,1 mL de RPMI-1640 + 0,1 mL de inóculo.

Poço controle meio cultura: 0,2 mL de RPMI-1640.

Poços testes: 0,1 mL do antifúngico em diferentes concentrações diluído em RPMI-1640 + 0,1 mL de inóculo.

### Interpretação dos resultados:

O Resultado foi avaliado após incubação a 35° C por 24h para *C. albicans*, *C. glabrata* e *C. tropicalis* e 48h para *C. parapsilosis* com auxílio de espelho de leitura.

### 3.6 ATIVIDADE ANTIOXIDANTE

A atividade antioxidante foi realizada utilizando o método FRAP (*Ferric Reducing Antioxidant Power*) (BENZIE; STRAIN, 1996). O reagente FRAP foi preparado misturando 25 mL de acetato de sódio tri-hidratado (0,3 M, pH 3,6), 2,5 mL de solução TPTZ (10 mM / L) em HCl 40 mM e 2,5 mL de cloreto férrico aquoso (20 mM), que foi usado imediatamente após a preparação. Uma alíquota de 30 µL de solução de teste (óleo essencial do palo santo (*Bursera graveolens*) foi adicionada em microplaca de 96 poços, juntamente com 270 µL de reagente FRAP. Para o branco, foram adicionados 30 µL de DMSO. Após 10 minutos de reação, a leitura foi realizada a 595 nm, utilizando um leitor de microplacas (SpectraMax 190 Microplate Reader, Molecular Devices, Califórnia, EUA). A atividade antioxidante foi calculada da seguinte forma:

$$I (\%) = (ABS1 - Abs0) \times 100.$$

Onde Abs0 é o branco e ABS1 é a absorbância do óleo essencial de palo santo (*B. graveolens*). Os resultados foram expressos em equivalentes de sulfato ferroso (EqSF).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A pesquisa sobre os constituintes químicos, atividade antifúngica e antioxidante do óleo essencial de *Bursera graveolens* apresentou os seguintes resultados.

### 4.1 RENDIMENTO DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Bursera graveolens*

Foram obtidos diferentes rendimentos nas extrações do óleo essencial da casca do caule de *Bursera graveolens*. A extração I (proveniente da amostra comercial A) apresentou o maior percentual de rendimento, de 9,0%. A segunda (II) e a terceira extração (III), feitas a partir da amostra comercial B, apresentaram rendimento de 4,5% e 4,33%, respectivamente (Tabela 1). Estudos de Silva *et al.* (2016) avaliaram a extração por hidrodestilação de 10 espécies da família Burseraceae e o rendimento variou entre 0,8% e 5,4%, indicando a grande variação nos rendimentos de extrações de óleo essencial da família Burseraceae.

Tabela 1 - Rendimentos obtidos nas extrações para a obtenção dos óleos essenciais de *Bursera graveolens*

AMOSTRA COMERCIAL	EXTRAÇÃO	RENDIMENTO (%)
Amostra A	I	9,0
Amostra B	II	4,5
	III	4,33

A partir disso, faz-se relevante discutir a influência de fatores como o período de coleta da matéria-prima, condições de secagem e tempo de extração no rendimento e na composição dos óleos essenciais. Essas variáveis desempenham um papel crucial na otimização do processo de extração, influenciando diretamente tanto na quantidade, quanto na qualidade do óleo obtido. Exemplos de estudos que abordam essas variáveis incluem o trabalho de Rodrigues *et al.* (2011), que evidencia como cada uma dessas variáveis impacta o rendimento e as características organolépticas dos óleos essenciais extraídos de diferentes espécies vegetais.

Diante disso, a divergência no rendimento dos óleos essenciais extraídos pode indicar uma possível alteração das variáveis citadas e/ou possível contaminação do material no processo de comercialização, discutida de forma mais aprofundada a partir dos resultados obtidos na identificação dos constituintes químicos das amostras.

#### 4.2 IDENTIFICAÇÃO DOS CONSTITUINTES QUÍMICOS

A análise por meio de cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (CG-EM) revelou 22 constituintes na amostra I do óleo essencial de *Bursera graveolens* e 23 constituintes na amostra II, conforme os cromatogramas de cada amostra (Figuras 1 e 2).

Figura 1 - Cromatograma do óleo essencial de *Bursera graveolens* - amostra I

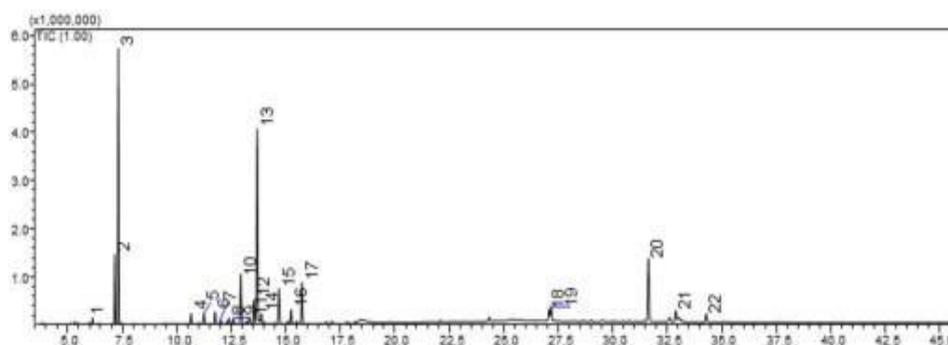
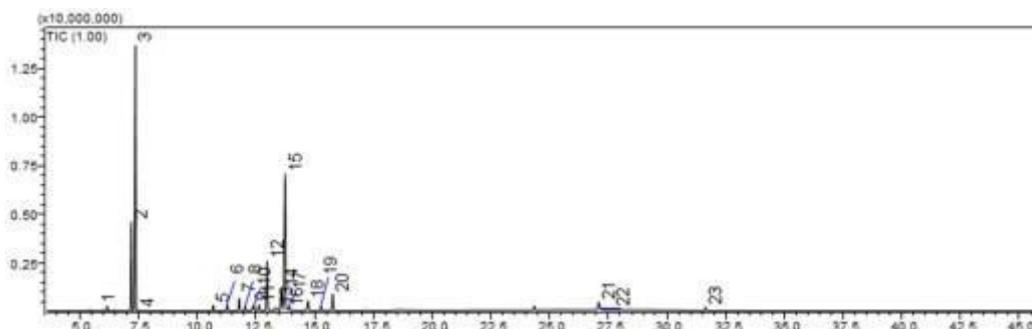
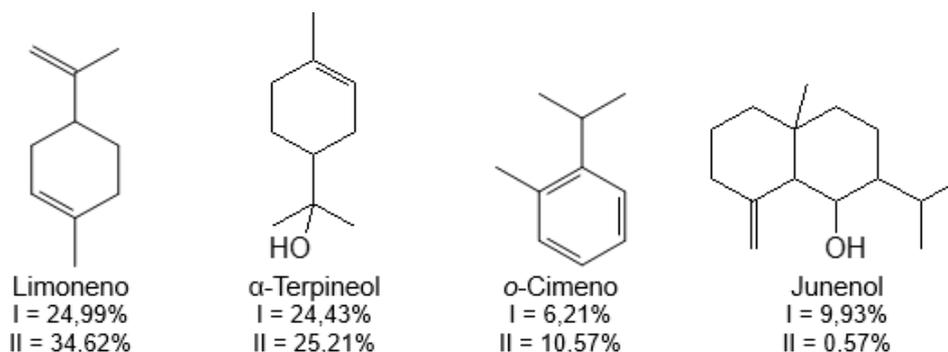


Figura 2 - Cromatograma do óleo essencial de *Bursera graveolens* - amostra II



Entre os compostos majoritários, destacam-se os terpenoides limoneno (amostra I = 24,99%; amostra II = 34,62%),  $\alpha$ -terpineol (amostra I = 24,43%; amostra II = 25,21%),  $\alpha$ -cimeno (amostra I = 6,21%; amostra II = 10,57%) e junenol (amostra I = 9,93%; amostra II = 0,57%) (Figura 3).

Figura 3 - Estruturas dos principais terpenoides constituintes dos óleos essenciais de *Bursera graveolens*



O limoneno, identificado como o composto majoritário nas duas amostras, é um monoterpene ( $C_{10}H_{16}$ ) amplamente reconhecido por suas propriedades antimicrobianas e antioxidantes (SCHNAIDER *et al.*, 2013). Sua concentração foi significativamente maior na amostra II (34,62%), o que pode estar relacionado a condições ambientais ou sazonais que favorecem sua biossíntese, como temperatura e umidade (NITHYA *et al.*, 2015). A presença do  $\alpha$ -terpineol, um álcool monoterpene ( $C_{10}H_{18}O$ ), nas duas amostras reforça sua importância como composto bioativo, com reconhecidas atividades antimicrobianas e anti-inflamatórias (TUNDIS *et al.*, 2013), e a variação de suas concentrações sugere uma adaptação às diferentes condições ambientais durante o crescimento das plantas. Vale destacar que, por se tratarem de amostras comerciais, não houve o controle das variáveis condição ambiental e sazonalidade.

O *o*-cimeno, mais concentrado na amostra II (10,57%), é um monoterpene aromático (C<sub>10</sub>H<sub>14</sub>) com reconhecidas propriedades antimicrobianas e antioxidantes (NITHYA et al., 2015), o que pode indicar uma resposta adaptativa da planta a pressões ambientais, como ataques de patógenos ou exposição à radiação UV. A presença do junenol chama a atenção, por não ser um monoterpene e sim álcool sesquiterpênico (C<sub>15</sub>H<sub>26</sub>O), apresentou maior concentração na amostra I (9,93%) e presença residual na amostra II (0,57%), sugerindo que fatores climáticos, como a estação de coleta, podem influenciar a produção deste composto, que possui também propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias (SANTOS et al., 2015).

Vale salientar a presença de outros monoterpenos revelados na análise cromatográfica. O eucaliptol, presente em pequena quantidade na amostra II (0,13%), é um composto com propriedades descongestionantes e anti-inflamatórias (Wang et al., 2019), embora em baixa concentração, pode refletir um ajuste nas propriedades terapêuticas do óleo essencial, devido à variações nas condições ambientais. Além disso, a presença do mentol e da mentona nas amostras, com maior concentração de mentol na amostra II (7,77%), pode ser influenciada por fatores como temperatura e umidade, que afetam a biossíntese de terpenos (SCHNAIDER et al., 2013). O aumento de mentol pode indicar um potencial terapêutico mais expressivo em tratamentos analgésicos e nas propriedades refrescantes.

Embora a concentração do sesquiterpene junenol tenha diminuído consideravelmente na amostra II (9,93% para 0,57%), a sua presença residual, em conjunto com outro sesquiterpene, o  $\beta$ -bisaboleno (0,29% na amostra II), reforça a diversidade bioativa do óleo essencial de *Bursera graveolens*. O  $\beta$ -bisaboleno é associado a propriedades antimicrobianas e anti-inflamatórias (Lima et al., 2018), possivelmente complementando a ação de outros compostos majoritários.

Em suma, as variações observadas na composição química entre as amostras I e II de *Bursera graveolens* podem ser atribuídas a fatores sazonais e ambientais que influenciam diretamente na biossíntese dos compostos voláteis. Essas diferenças, *a priori*, não comprometem o potencial terapêutico do óleo essencial, mas sugerem que sua composição pode ser otimizada, dependendo das condições de cultivo, o que pode ser útil para aplicações específicas, como na farmacologia e na indústria cosmética.

#### 4.3 ANÁLISE DA ATIVIDADE ANTIFÚNGICA

As concentrações inibitórias mínimas (CIM) do óleo essencial de *Bursera graveolens* nas amostras I e II estão apresentadas na Tabela 2. Ambas as amostras demonstraram atividade antifúngica contra duas das quatro espécies fúngicas avaliadas. A inibição total do

crescimento fúngico foi observada nas concentrações de 2,0 mg/mL para *Candida albicans* e *Candida tropicalis*, indicando que essas cepas foram suscetíveis ao óleo essencial de *Bursera graveolens* nas referidas concentrações. Esses resultados sugerem que o óleo essencial possui potencial para atuar como agente antifúngico eficaz contra essas espécies de *Candida*, em particular nas concentrações testadas.

Tabela 2 - Atividade antifúngica dos óleos essenciais de *Bursera graveolens*

<b>Espécie Fúngica</b>	<b>CIM (mg/mL) - Amostra I</b>	<b>CIM (mg/mL) - Amostra II</b>	<b>Resultado da Atividade Antifúngica</b>
<i>Candida albicans</i>	2,0	2,0	Inibição completa
<i>Candida tropicalis</i>	2,0	2,0	Inibição completa
<i>Candida glabrata</i>	Não inibida	Não inibida	Sem atividade antifúngica
<i>Candida parapsilosis</i>	Não inibida	Não inibida	Sem atividade antifúngica

Os resultados obtidos para a atividade antifúngica do óleo essencial de *Bursera graveolens* mostraram que tanto a amostra I quanto a amostra II apresentaram concentração inibitória mínima (CIM) de 2,0 mg/mL para *Candida albicans* e *Candida tropicalis*, com inibição completa observada para essas espécies. No entanto, não houve atividade contra *Candida glabrata* e *Candida parapsilosis*. Esses achados corroboram os resultados de Sosa (2023), que também relatou a atividade antifúngica do óleo essencial contra *Candida albicans*, atribuída principalmente aos terpenos, como o limoneno, que podem danificar a membrana celular dos fungos, comprometendo o transporte iônico e a geração de ATP, processos essenciais para a manutenção da função celular.

Quando o limoneno altera a integridade da membrana celular ocorre uma falha na troca iônica, o que resulta em uma diminuição na produção de ATP e, conseqüentemente, na perda da função energética celular. Além disso, a atividade do limoneno provoca a desestabilização da homeostase iônica intracelular, o que leva a um desequilíbrio nas concentrações de íons essenciais dentro da célula. Esse desequilíbrio afeta processos metabólicos fundamentais, como a regulação do pH e o transporte de nutrientes (NOOR *et al.*, 2020).

A alteração da membrana celular também favorece o vazamento de substâncias intracelulares essenciais, como proteínas e ácidos nucleicos, que são vitais para a sobrevivência e a função celular. Além disso, a alteração do potencial elétrico da membrana e o aumento de sua permeabilidade promovem a passagem descontrolada de substâncias para dentro e fora da célula, exacerbando os danos e comprometendo ainda mais a homeostase celular (NOOR *et al.*, 2020).

A ausência de atividade antifúngica contra *Candida glabrata* pode ser explicada por sua resistência intrínseca a diversos antifúngicos, como discutido por Silva et al. (2019). Essa resistência ocorre devido a várias características celulares e moleculares da espécie, incluindo a alta expressão de bombas de efluxo, que dificultam a entrada de antifúngicos nas células de *C. glabrata*, e mutações em genes relacionados à parede celular, como FKS1 e FKS2, que conferem resistência a antifúngicos da classe das equinocandinas, que inibem a síntese do 1,3-beta-glucano, um componente essencial da parede celular (CZAJKA et al., 2023).

Além disso, os resultados obtidos neste estudo são consistentes com a literatura sobre óleos essenciais de plantas ricas em terpenos, como *Pimenta dioica* e *Cinnamomum verum*, que também demonstraram atividade antifúngica contra *Candida* spp. (MEDEIROS et al., 2019). Por fim, a variabilidade na atividade antifúngica observada pode estar relacionada a fatores como o método de extração utilizado, as condições de cultivo da planta e o armazenamento da amostra (BARROS et al., 2020).

#### 4.4 ANÁLISE DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE

O teste FRAP foi utilizado para medir a capacidade redutora do ferro, proporcionando uma indicação da capacidade antioxidante do óleo. Os resultados obtidos (Tabela 3) foram analisados e comparados com a literatura, com o intuito de contextualizar os achados e explorar possíveis aplicações do óleo essencial de *Bursera graveolens* no âmbito terapêutico e farmacológico.

Tabela 3 - Atividade antioxidante dos óleos essenciais de palo santo (*Bursera graveolens*). Resultados expressos em Eq de sulfato ferroso (EqSF).

Amostra	µg/mL	Eq sulfato ferroso
Óleo essencial I	62,5	78,270
Óleo essencial II	62,5	77,271
Quercetina	1,0	82,141
Ácido Gálico	1,0	85,526
Vitamina C	1,5	87,710

Os resultados obtidos no ensaio FRAP indicaram que os óleos essenciais de *Bursera graveolens* (Palo Santo) possuem uma atividade antioxidante relevante, com valores de 78,270 e 77,271 EqSF para os óleos essenciais I e II, respectivamente. Embora esses resultados sejam inferiores aos dos compostos padrões (quercetina, ácido gálico e vitamina C), mais potentes como antioxidantes, eles sugerem que o óleo essencial de *Bursera graveolens* tem potencial antioxidante, comparável a outros óleos essenciais ricos em

terpenos, como os de *Pimenta dioica* e *Cinnamomum verum*, que apresentaram valores semelhantes em estudos anteriores (MEDEIROS *et al.*, 2019).

Segundo Lahlou (2004), a diferença nos resultados pode ser explicada por vários fatores, como, por exemplo, o método de extração utilizado. No presente estudo, foi utilizada a hidrodestilação, mas outras técnicas, como a extração com solventes ou extração com CO<sub>2</sub> supercrítico, podem resultar em perfis químicos diferentes, possivelmente preservando mais compostos bioativos. Além disso, as condições de cultivo e armazenamento das plantas, variáveis que não foram controladas neste trabalho, podem afetar a composição do óleo, o que pode justificar a variação nos resultados. Outro fator importante é que os óleos essenciais são sensíveis à oxidação e, caso não sejam armazenados corretamente, podem perder seus compostos ativos (MARTINS *et al.*, 2017).

É importante observar que a concentração utilizada para os testes de atividade antioxidante foi de 1,0 mg/mL, uma dose considerada segura, especialmente quando comparada a estudos que utilizaram concentrações mais altas, como 4,0 mg/mL (FON-FAY *et al.*, 2019).

Concentrações mais altas de óleo essencial podem ser arriscadas, já que óleos essenciais são compostos altamente concentrados e sua ingestão ou uso excessivo pode resultar em efeitos adversos, como queimaduras orais e toxicidade hepática e renal. Assim, a concentração mais baixa testada neste estudo é mais adequada para aplicações seguras em terapias antioxidantes, evitando riscos à saúde (GERSHENZON *et al.*, 2019).

Pelos resultados, o óleo essencial de *Bursera graveolens* demonstrou potencial antioxidante, o que pode ser útil em aplicações terapêuticas e cosméticas. No entanto, mais estudos são necessários para explorar as melhores condições de extração, cultivo e armazenamento, a fim de otimizar os efeitos antioxidantes e possibilitar uma utilização mais eficaz desses óleos essenciais.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O estudo realizado teve como objetivo avaliar as propriedades antioxidantes e antifúngicas do óleo essencial de *Bursera graveolens* (Palo santo), destacando a importância de sua composição química e os efeitos biológicos resultantes. A composição química do óleo essencial revelou a presença significativa de monoterpenos, com destaque para o limoneno e o  $\alpha$ -terpineol. (COSTA *et al.*, 2018; SANTOS *et al.*, 2019). A atividade antifúngica do óleo essencial foi observada, especialmente contra *Candida albicans*, um patógeno relevante para infecções fúngicas. Este efeito está alinhado com a presença de  $\alpha$ -terpineol, um composto com atividade antimicrobiana reconhecida (MARTINS *et al.*, 2020). A ação antifúngica do óleo de *Bursera graveolens* foi consistente com os resultados de outros estudos que destacam os

efeitos antimicrobianos e antifúngicos de óleos essenciais compostos principalmente por terpenos (SOSA *et al.*, 2023).

Além disso, o óleo essencial de *Bursera graveolens* demonstrou atividade antioxidante, com valores de 78,270 e 77,271 EqSF para as amostras I e II, respectivamente. Os resultados estão em consonância com outros estudos, que também relataram atividade antioxidante moderada do óleo de *Bursera graveolens* (OLIVEIRA *et al.*, 2016). A hipótese inicial de que o óleo essencial de *Bursera graveolens* teria atividade antioxidante e antifúngica significativa foi parcialmente confirmada. Embora a atividade antioxidante tenha sido moderada, o efeito antifúngico foi considerável, sugerindo que o óleo tem grande potencial para ser explorado em diferentes áreas da terapêutica em saúde.

Por fim, os resultados obtidos reforçam o potencial terapêutico do óleo essencial de *Bursera graveolens* (Palo santo). Diante disso, revela-se essencial que pesquisas futuras investiguem de maneira mais sistemática as interações sinérgicas entre os compostos presentes no óleo essencial de *Bursera graveolens*, como o limoneno e o  $\alpha$ -terpineol, para elucidar como essas interações podem potencializar suas propriedades terapêuticas. Além disso, a avaliação da atividade em outros tipos de patógenos e a realização de estudos clínicos são fundamentais para estabelecer a aplicabilidade do óleo essencial em tratamentos mais amplos. A adaptação e o aprimoramento das condições de extração e formulação também são áreas que merecem atenção, já que podem impactar diretamente a eficácia do óleo em diferentes contextos terapêuticos. Dessa forma, novas pesquisas que abordem essas questões poderão não apenas ampliar o entendimento sobre o óleo essencial de *Bursera graveolens*, mas também possibilitar o seu uso mais efetivo em novas estratégias farmacológicas e terapêuticas.

## 6 REFERÊNCIAS

- ADAMS, Robert P. **Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectroscopy**. Carol Stream: Allured Publishing Corporation, 2009.
- BAKKALI, F. et al. Biological effects of essential oils: a review. **Food and Chemical Toxicology**, Oxford, v. 46, n. 2, p. 446-475, fev. 2008.
- BARROS, L. et al. Chemical composition and bioactive properties of essential oils from two aromatic plants: *Thymus vulgaris* and *Origanum vulgare*. **Industrial Crops and Products**, v. 145, p. 112-118, 2020.
- BENZIE, Iris FF; STRAIN, John J. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. **Analytical biochemistry**, v. 239, n. 1, p. 70-76, 1996.
- BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie**, Zurique, v. 28, n.1, p. 25-30, s/m. 1995.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. **Política Nacional de Práticas Integrativas e Complementares no SUS - PNPIC-SUS / Ministério da Saúde, Secretaria de Atenção à Saúde, Departamento de Atenção Básica.** Brasília: Ministério da Saúde, 2006.

BROINIZI, P. R. B. et al. Propriedades antioxidantes em subproduto do pedúnculo de caju (*Anacardium occidentale* L.): efeito sobre a lipoperoxidação e o perfil de ácidos graxos poliinsaturados em ratos. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, São Paulo, v. 44, n. 4, p.773-781, out./dez. 2008.

CANDEIAS, L. et al. Synergistic antifungal activity of essential oils combined with conventional antifungals. **Journal of Essential Oil Research**, v. 32, p. 263-270, 2020.

CASTRO, D. P. et al. Não-preferência de *Spodoptera frugiperda* (Lepidóptera Noctuidae) por óleos essenciais de *Achillea millefolium* L. e *Thymus vulgaris* L. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 8, n. 4, p. 27-32, s/m. 2006.

CLINICAL AND LABORATORY STANDARDS INSTITUTE (CLSI). **Reference Method for Broth Dilution Antifungal Susceptibility Testing of Yeasts; Approved Standard-Third Edition.** CLSI document M27-A3 (ISBN 1-56238-666-2). Wayne: Clinical and Laboratory Standards Institute, 2008.

COLET, Cristiane F. et al. Análises das embalagens de plantas medicinais comercializadas em farmácias e drogarias do município de Ijuí/RS. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 17, n. 2, p. 331-339, Jun. 2015

COSTA, L. P.; SILVA, L. G.; PEREIRA, A. B. Atividade antioxidante e antimicrobiana de óleos essenciais de plantas. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 28, n. 5, p. 473-480, 2018.

DEANS, S. G.; WATERMAN, P. G. **Volatile oil crops: their biology, biochemistry and production.** Londres: John Willey & Sons, 1993. 185 p.

DE OLIVEIRA, G. G. **Identificação dos constituintes químicos e atividade biológica do óleo essencial de *Trattinickia burserifolia* Mart.(Burseraceae) da Serra do Tepequém, Amajari-Roraima.** 2014.

ESPINOZA, M. Antifungal potential of *Bursera graveolens* essential oil against *Candida* species. **Journal of Applied Microbiology**, v. 131, p. 1629-1637, 2021.

FEITOSA, Maria H.A. et al. Inserção do conteúdo fitoterapia em cursos da área de saúde. **Revista Brasileira de Educação Médica**, Brasília, v. 40, n. 2, p. 197-203, Apr.-Jun. 2016.

FON-FAY, Flor M. et al. Chemical composition and antioxidant activity of *Bursera graveolens* (Kunth) Triana et Planch essential oil from Manabí, Ecuador. **Journal of Essential Oil Research**, v. 31, n. 3, p. 211-216, 2019.

GERSHENZON, J. et al. Chemical ecology of terpenes and terpenoids in plants. **Annual Review of Plant Biology**, v. 70, p. 383-411, 2019.

GONÇALVES, L. A. et al. Produção e composição do óleo essencial de alfavaquinha (*Ocimum selloi* Benth.) em resposta a dois níveis de radiação solar. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, [S.l.], v.6, n.1, p. 8-14, s/m. 2003.

HIRSH, D. C.; ZEE, Y. C. **Microbiologia Veterinária.** 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012. 446 p

- LAHLOU, S. Recent advances in the use of essential oils as therapeutic agents. **Phytotherapy Research**, v. 18, p. 679-693, 2004.
- LAURINTINO, Thuany Naiara Silva et al. Evaluation of the biological activity and chemical profile of supercritical and subcritical extracts of *Bursera graveolens* from northern Peru. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 198, p. 105934, 2023.
- LIMA, S. et al.  $\beta$ -Bisabolene: A compound with potential for pharmaceutical applications. **Medicinal Chemistry**, v. 11, n. 4, p. 307-317, 2018.
- LIMA, Igara de Oliveira et al. Atividade antifúngica de óleos essenciais sobre espécies de *Candida*. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 16, p. 197-201, 2006.
- MARTINS, A. et al. Influence of environmental factors on the chemical composition of essential oils. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 65, p. 900-905, 2017.
- MARTINS, M. B.; PEREIRA, J. F.; COSTA, R. L. Efeitos antifúngicos do óleo essencial de *Bursera graveolens* contra *Candida albicans*. **Jornal de Microbiologia e Biotecnologia**, v. 35, n. 2, p. 148-154, 2020.
- MEDEIROS, P. et al. Antioxidant activity of essential oils from *Pimenta dioica* and *Cinnamomum verum* using the FRAP assay. **Food Science and Technology**, v. 38, p. 1-6, 2019.
- MONZOTE, G. M.; HILL, A.; CUELLAR, R.; SCULL, W. N.; SETZER, M. Chemical composition and anti-proliferative properties of *Bursera graveolens* essential oil. **Natural Product Communications**, v. 7, p. 1531-1534, 2012. DOI: 10.1177/1934578X1200701130.
- MORAIS, S. M. et al. Ação antioxidante de chás e condimentos de grande consumo no Brasil. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, Curitiba, v. 19, n. 1, p. 315-320, jan./mar. 2009.
- NITHYA, C. et al. Antioxidant and antimicrobial properties of essential oils: A comprehensive review. **Phytotherapy Research**, v. 29, n. 9, p. 1296-1314, 2015.
- NOOR, A.; PREUSS, C.V. *Antifungal Membrane Function Inhibitors (Amphotericin B)*. Treasure Island, FL, USA: **StatPearls Publishing**, 2020.
- OLIVEIRA, A. S.; FERREIRA, D. A.; PINHO, R. R. Propriedades antioxidantes do óleo essencial de *Bursera graveolens*. **Revista de Ciências Naturais**, v. 23, n. 4, p. 222-227, 2016.
- RODRIGUES, T.S. et al. Métodos de secagem e rendimento dos extratos de folhas de *Plectranthus barbatus* (boldo-da-terra) e *P. ornatus* (boldo-miúdo) **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v.13, especial, p.587-590, s/m. 2011.
- SALTOS, Ronald Eduarte et al. Composición química y actividad AChE-BuChE del aceite esencial de palo santo *Bursera graveolens* (Kunth) Triana & Planch de Jipijapa, Ecuador. **Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas**, v. 21, n. 4, p. 455-463, 2022.
- SANTOS, C. F.; ALMEIDA, M. C.; SILVA, P. A. Composição química e atividades biológicas do óleo essencial de *Bursera graveolens*. **Jornal de Química Aplicada**, v. 34, n. 3, p. 112-118, 2019.

SANTOS, M. et al. Junenol: A bioactive compound in essential oils with promising pharmacological properties. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 171, p. 108-115, 2015.

SCHNAIDER, L. et al. Monoterpenes as bioactive compounds: antimicrobial and antioxidant properties. **Journal of Essential Oil Research**, v. 25, n. 2, p. 81-88, 2013.

SIANI, A. C. et al. Chemical composition of South American Burseraceae nonvolatile oleoresins and preliminary solubility assessment of their commercial blend. **Phytochemical Analysis**, [S.l.], v. 23, n.5, p.529-539, set/out. 2012

SILVA, A. et al. Resistance mechanisms of *Candida glabrata* against antifungal agents. **Current Fungal Infection Reports**, v. 13, p. 56-64, 2019.

SILVA, E. R.; OLIVEIRA, D. R. de; MELO, M. de; BIZZO, H. R.; LEITÃO, S. G. Report on the Malungo expedition to the Erepecuru river, Oriximiná, Brazil. Part I: is there a difference between black and white Breu. **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, v. 26, p. 647-656, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bjp.2016.05.003>.

SILVA, R. F.; MARTINS, J. T.; COSTA, T. P. Potencial antioxidante de óleos essenciais de plantas nativas. **Revista Brasileira de Farmacologia**, v. 27, n. 6, p. 567-573, 2017.

SIDRIM, J. C.; MOREIRA, J. L. B. **Fundamentos Clínicos e Laboratoriais da Micologia Médica**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1999.

SOSA, Lilian et al. Therapeutic applications of essential oils from native and cultivated ecuadorian plants: Cutaneous candidiasis and dermal anti-inflammatory activity. **Molecules**, v. 28, n. 15, p. 5903, 2023.

SOUSA, C. M. M. et al. Fenóis totais e atividade antioxidante de cinco plantas medicinais. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 2, p. 351-355, jan. 2007.

TORTORA, G. J.; FUNKE, B. R.; CASE, C. L. **Microbiologia**. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2012. 939 p.

TUNDIS, R. et al. Bioactivity of  $\alpha$ -terpineol in essential oils: A review of its therapeutic properties. **Natural Product Research**, v. 27, n. 10, p. 832-842, 2013.

TURNER, G. W.; GERSHENZON, J.; CROTEAU, R. B. Distribution of peltate glandulartrichomes on developing leaves of peppermint. **Plant Physiology**, Rockville, v. 124, n. 2, p. 655-663, s/m. 2000.

WALLACE, W. E. "Retention Indices" by NIST Mass Spectrometry Data Center In: **NIST Chemistry WebBook; NIST Standard Reference Database Number 69**, Eds. LINSTROM, P. J. and MALLARD, W.G., National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg MD, 20899. Disponível em: <https://doi.org/10.18434/T4D303> (acesso em 02/dez/2024).

WANG, M. et al. Eucalyptol and its pharmacological properties: A review. **Pharmacology and Therapeutics**, v. 92, n. 3, p. 123-135, 2019.

CZAJKA, Karolina M. et al. Molecular Mechanisms Associated with Antifungal Resistance in Pathogenic *Candida* Species. **Cells**, v. 12, n. 22, p. 2655, 2023.