



GISLAINE CRISTINA PEIXOTO DE CARVALHO

**ÓLEOS ESSENCIAIS DE PLANTAS DA FAMÍLIA
LAMIACEAE: OBTENÇÃO, CARACTERIZAÇÃO E
AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE.**

LAVRAS – MG

2022

GISLAINE CRISTINA PEIXOTO DE CARVALHO

**ÓLEOS ESSENCIAIS DE PLANTAS DA FAMÍLIA LAMIACEAE: OBTENÇÃO,
CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal de Lavras, como parte das
exigências do Curso de Química (Licenciatura
Plena), para a obtenção do título de Licenciada.

Orientadora

Profa. Dra. Maria das Graças Cardoso

Coorientadora

Msc. Vanuzia Rodrigues Fernandes Ferreira

LAVRAS – MG

2022

GISLAINE CRISTINA PEIXOTO DE CARVALHO

**ÓLEOS ESSENCIAIS DE PLANTAS DA FAMÍLIA LAMIACEAE: OBTENÇÃO,
CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal de Lavras, como parte das
exigências do Curso de Química (Licenciatura
Plena), para a obtenção do título de Licenciada.

Apresentado em 02 de maio de 2022.

Profa. Dra. Maria das Graças Cardoso

Msc. Vanuzia Rodrigues Fernandes Ferreira - UFLA

Msc. Alex Rodrigues Silva Caetano - UFLA

Profa. Dra. Josefina Aparecida de Souza - UFLA

Orientadora

Profa. Dra. Maria das Graças Cardoso

Coorientadora

Msc. Vanuzia Rodrigues Fernandes Ferreira

LAVRAS – MG

2022

A Deus, por sempre estar comigo, e me fortalecer todos os dias!

À minha vó que sempre me incentivou a estudar, hoje está guardada em minhas
lembranças e memórias!!

À minha irmã, Gilmara por sempre me incentivar e aconselhar!

Aos meus pais, Gilmar e Patrícia, pelo incentivo em continuar!

À minha coorientadora Vanuzia por sempre me ensinar e ajudar!

À minha orientadora Profa. Maria das Graças Cardoso, pelos ensinamentos e por ter
aberto as portas do Laboratório para mim!

Dedico

AGRADECIMENTOS

À Deus por ser minha luz em momentos que mais precisei.

Ao meu pai, Gilmar, e a minha mãe Patrícia por sempre se fazerem presentes e não me deixarem faltar nada, por me ensinarem a ser quem sou hoje.

À minha vó Sebastiana, que hoje não está mais aqui comigo, mas quando estava, me ensinou várias coisas sobre a vida e parte do que sou hoje.

À minha irmã, Gilmara, meu grande incentivo e meu bem mais precioso que tenho muito orgulho, por sempre estar comigo nos momentos difíceis e nos momentos felizes.

Aos meus tios Maria da Conceição e José Mariano por também estarem presente na minha jornada e me incentivarem.

À toda minha família que esteve presente comigo durante esse período, que me incentivaram a sempre lutar pelos meus objetivos.

À minha afilhada Mariana, que em vários momentos de tristeza foi capaz de me alegrar com sua delicadeza e alegria de criança.

À minha orientadora, Maria das Graças Cardoso, por aceitar me orientar tão prontamente, pelo suporte dado durante este período, pelos ensinamentos que adquiridos em seu Laboratório.

À minha coorientadora, Vanuzia, por sempre estar comigo no Laboratório me ensinado e me dando grande suporte para elaborar este trabalho.

À Laura minha amiga de casa que sempre esteve comigo me ajudando a superar os momentos difíceis, e me dando forças.

Aos meus amigos da faculdade Shênnia, Laura, Wanderléia, Marcos, Joyce, Mariane, Clério, Lidiane e Kathiquely, agradeço a todos pelos momentos lindos que passamos juntos, por sempre estarmos nos fortalecendo, seja em momentos tristes ou felizes.

Aos membros da banca Vanuzia, Alex e professora Josefina, por contribuírem comigo e com o meu trabalho.

À todos meus colegas de Laboratório, Gabriela Campolina, Mariely, Anna Beatriz, Carolina, Alex, Maria Luiza, Rafaela Brandão, Pamela, Isadora, Gabriela

Ferreira, Ana Paula, Marcus, Maria Beatriz e Maria Augusta, por terem me ajudado durante a execução deste trabalho.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), pelo apoio com a bolsa, pela oportunidade e pela infraestrutura juntamente com o Departamento de Química (DQI) e o Laboratório de Química Orgânica - Óleos Essenciais.

Aos órgãos de fomento, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio e suporte.

Enfim, a todos que estiveram comigo em vários momentos me apoiando de alguma forma.

RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo extrair e caracterizar óleos essenciais de plantas secas da família Lamiaceae, obtidas comercialmente, bem como avaliar a atividade antioxidante dos mesmos. As extrações dos óleos essenciais de alfavaca, alecrim, hortelã, manjeriço, orégano e sálvia foram realizadas por hidrodestilação empregando o aparelho de Clevenger modificado por um período de duas horas. A identificação dos constituintes químicos dos óleos essenciais foi realizada por cromatografia em fase gasosa acoplada a espectrômetro de massas e quantificados por cromatografia em fase gasosa acoplada a detector de ionização de chamas. A avaliação da atividade antioxidante foi realizada pelos testes DPPH e β -caroteno. No teste de DPPH incubaram-se tubos de ensaio contendo 2,7 mL de solução etanólica de DPPH (40 mg mL^{-1}) e $0,3 \text{ }\mu\text{L}$ das amostras diluídas em etanol nas concentrações de 1 a $500 \text{ }\mu\text{g mL}^{-1}$, por um período de 60 minutos. Após este período foram realizadas as leituras da absorbância em espectrofotômetro a 515 nm. No ensaio de β -caroteno foi preparado uma emulsão e pipetaram-se alíquotas de 2,7 mL desta emulsão em tubos de ensaio contendo $0,3 \text{ }\mu\text{L}$ dos óleos essenciais nas concentrações de 1 a $500 \text{ }\mu\text{g mL}^{-1}$. A leitura da absorbância foi realizada imediatamente em espectrofotômetro a 470 nm e, em seguida, os tubos foram incubados por um período de 60 minutos a $50 \text{ }^\circ\text{C}$ para a reação de oxidação. Após, realizou-se a leitura da absorbância novamente. Para fins de comparação foi utilizado o BHT como controle positivo nas mesmas concentrações utilizadas para os óleos essenciais. Como resultados o óleo essencial que apresentou melhor rendimento em base livre de umidade foi o de alecrim (1,17%), seguido pelo óleo de hortelã (0,98%). Os constituintes majoritários encontrados para os óleos essenciais foram elimicina (alfavaca), 1,8-cineol e cânfora (alecrim), cânfora e canfeno (sálvia), carvona e pulegona (hortelã), hidrato de trans-sabineno, terpinen-4-ol e carvacrol (orégano) e estragol (manjeriço). Nos testes para avaliar a atividade antioxidante dos óleos essenciais foi possível observar que o óleo de alfavaca apresentou uma melhor resposta de poder antioxidante frente ao teste DPPH com um IC_{50} de 4,89, enquanto no teste de branqueamento β -caroteno os óleos essenciais de alecrim, alfavaca e sálvia apresentaram uma melhor atividade e resultados semelhantes com IC_{50} de 0,17; 0,38 e 0,48, respectivamente. Com isso, conclui-se que os óleos essenciais apresentaram maior atividade antioxidante pelo teste de branqueamento β -caroteno.

Palavras chave: DPPH. Óleos voláteis. Constituintes químicos.

SUMÁRIO

1. Introdução.....	9
2. Referencial Teórico.....	10
2.1 Óleos essenciais.....	10
2.1.1 Biossíntese dos óleos essenciais.....	11
2.2 Espécies vegetais (Família Lamiaceae)	14
2.2.1 Alecrim.....	15
2.2.2 Orégano.....	17
2.2.3 Manjeriço.....	18
2.2.4 Hortelã.....	19
2.2.5 Alfavaca.....	20
2.2.6 Sálvia.....	21
2.3 Atividade antioxidante.....	22
3. Material e Métodos.....	25
3.1 Obtenção de material vegetal.....	25
3.2 Extração do óleo vegetal.....	25
3.3 Determinação da umidade e rendimento do óleo essencial.....	25
3.4 Caracterização química dos óleos essenciais.....	26
3.5 Atividade antioxidante: Diluição de amostras.....	26
3.5.1 Atividade antioxidante: Sequestro de radicais DPPH.....	27
3.5.2 Atividade antioxidante: Branqueamento de β -caroteno.....	27
3.6 Análise Estatística.....	28
4. Resultados e discussão.....	29
4.1 Rendimento dos óleos essenciais.....	29
4.2 Caracterização química.....	30
4.3 Atividade antioxidante.....	34
5. Conclusão.....	39
6. Referências bibliográficas.....	40

1 Introdução

Os óleos essenciais possuem diversas aplicabilidades principalmente nos seguimentos industriais, pois apresentam várias propriedades como antioxidante, antibacteriana, antifúngica, antisséptica, anti-inflamatórias, antitumorais e repelente. Nas indústrias alimentícias, em virtude de antioxidantes sintéticos como o hidroxitolueno butilado (BHT), causarem algum prejuízo quando consumidos, várias pesquisas realizam testes com óleos essenciais para avaliar seu potencial antioxidante e inseri-los como uma alternativa natural na conservação dos alimentos.

Os antioxidantes surgiram como uma forma de diminuir o problema das reações de oxidação que também são muito importantes, uma vez que, são responsáveis pela síntese de vários produtos biológicos, porém, durante essas reações ocorrem a formação de radicais livres, intermediários muito reativos e prejudiciais quando estão em desequilíbrio. Na indústria, o excesso de radicais livres provoca deterioração de produtos levando a grandes perdas econômicas.

A atividade antioxidante dos óleos essenciais é atribuída aos seus constituintes químicos derivados de fenilpropanóides e terpenóides com características fenólicas, que apresentam em suas estruturas elétrons ou átomos de hidrogênio disponíveis para doação aos radicais livres. Os óleos essenciais são sintetizados pelas plantas por meio do metabolismo secundário, podem ser obtidos por diversos órgãos da planta dependendo da família. Os óleos das plantas da família Lamiaceae são apontados como os que apresentam constituintes químicos com significativo poder antioxidante, podendo ser uma alternativa aos antioxidantes sintéticos.

As plantas da família Lamiaceae como a hortelã, alfavaca, alecrim, orégano, manjeriço e sálvia são intensamente utilizadas na culinária brasileira, o que leva a estudá-las e utilizá-las como antioxidantes naturais, se apresentarem um potencial antioxidante promissor. É importante realizar mais testes antioxidantes além dos testes de DPPH e β -caroteno, uma vez que há vários mecanismos envolvidos neste processo, porém esses dois são muito relevantes para dar início ao estudo da atividade antioxidante dos óleos, pois eles tratam e avaliam o básico para um composto apresentar potencial antioxidante.

Mediante ao exposto, o presente trabalho, teve como objetivos: extrair e caracterizar os óleos essenciais das plantas de alfavaca, alecrim sálvia, hortelã, orégano e manjeriço, espécies da família Lamiaceae, bem como avaliar a atividade antioxidante

por meio dos métodos de sequestro de radicais livres DPPH e branqueamento do β -caroteno.

2 Referencial Teórico

2.1 Óleos Essenciais

Segundo a ISO (International Standard Organization) os óleos essenciais são definidos como os “produtos obtidos de partes de plantas através de destilação por arraste com vapor d’água, bem como os produtos obtidos por prensagem dos pericarpos de frutos cítricos” (SIMÕES et al., 2017).

De acordo com Simões et al (2017), os óleos essenciais são uma mistura complexa que podem ser chamados de óleos voláteis, etéreos ou essências. Tais denominações provêm de suas características físico-químicas, como a de serem geralmente líquidos de aparência oleosa, volatéis, em geral apresentam aroma agradável e intenso e são solúveis em solventes orgânicos apolares. Além dessas características, eles são normalmente incolores ou ligeiramente amarelados, com exceção dos óleos de camomila e mil folhas, que apresentam altos teores de azulenos; são pouco estáveis na presença de luz, calor, umidade e metais; a maioria possui índice de refração e são opticamente ativos.

A estrutura química dos constituintes dos óleos essenciais é formada basicamente por carbono, oxigênio e hidrogênio, variando em relação à função orgânica, como hidrocarbonetos terpênicos, álcoois simples e terpênicos, aldeídos, cetonas, fenóis, ésteres, éteres, óxidos, entre outros. Os óleos essenciais podem conter aproximadamente entre 20-60 componentes em diferentes concentrações, sendo geralmente caracterizados por um, dois ou três com concentrações elevadas (compostos majoritários), outros em proporções menores (compostos minoritários) e alguns em concentrações mínimas (traços). Podem ser sintetizados por todos os órgãos das plantas, entre eles, botões florais, flores, folhas, caule, galhos finos, sementes, frutos, raízes e cascas, e são estocados em células secretoras, cavidades, canais, células epidérmicas ou tricomas glandulares (BAKKALI et al., 2008; SIMÕES et al., 2017).

Os óleos essenciais possuem propriedades biológicas diversificadas, tendo a capacidade de atuar como agentes antioxidantes, inseticidas, alelopáticos, antissépticos, antimicrobianos, analgésicos, sedativos, anti-inflamatórios, espasmolíticos, dentre outros. Na natureza, os óleos essenciais possuem um importante papel no sistema de defesa química das plantas frente a predadores (BAKKALI et al., 2008). Assim, os óleos essenciais estão sendo cada vez mais explorados pelos diferentes seguimentos industriais,

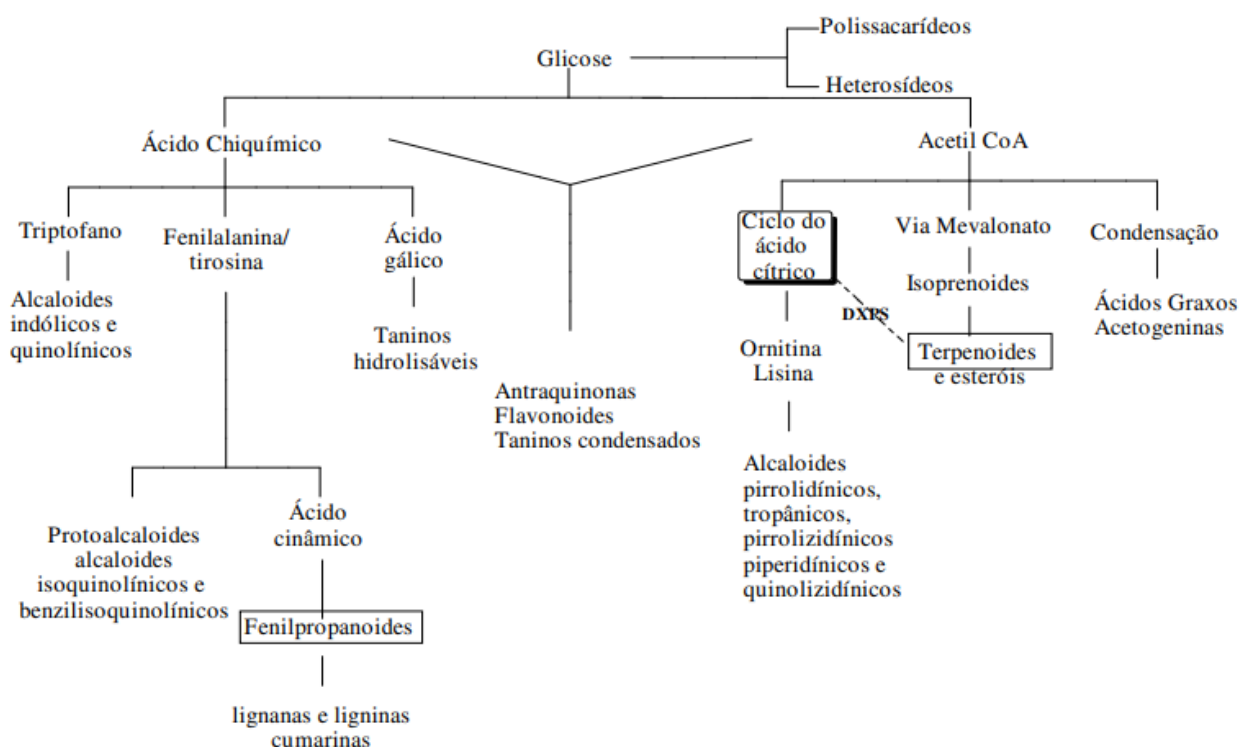
destacando-se na indústria alimentícia, na conservação e incremento de aroma e sabor dos alimentos, na indústria farmacêutica, por apresentarem propriedades farmacológicas; e na indústria de cosméticos, atuando como matéria-prima para sabonetes, cremes e perfumes (EL ASBAHANI et al., 2015).

Existem vários métodos de extração para os óleos essenciais como a destilação por arraste a vapor, extração de fluido supercrítico com CO₂, a hidrodestilação, métodos que utilizam solventes orgânicos, forno micro-ondas, enfloração, dentre outros (TEIXEIRA, 2013). A hidrodestilação e o arraste a vapor são as técnicas mais empregadas e utilizadas em laboratório. Estes métodos compreendem em se obter o óleo essencial por meio da volatilização dos constituintes dos vegetais, no qual se utiliza o aparelho de Clevenger modificado (SIMÕES et al., 2017).

2.1.1 Biossíntese dos óleos essenciais

Os óleos essenciais são constituídos de fenilpropanoides e terpenos, obtidos a partir do metabolismo da glicose (Figura 1). Esses compostos são derivados, principalmente de duas vias, a do chiquimato para formação fenilpropanoides e a do acetato (rota do mevalonato ou do 5 - fosfato de 1 - deoxi - D - xilulose (DXPS)) dando origem aos terpenos, terpenoides e seus derivados.

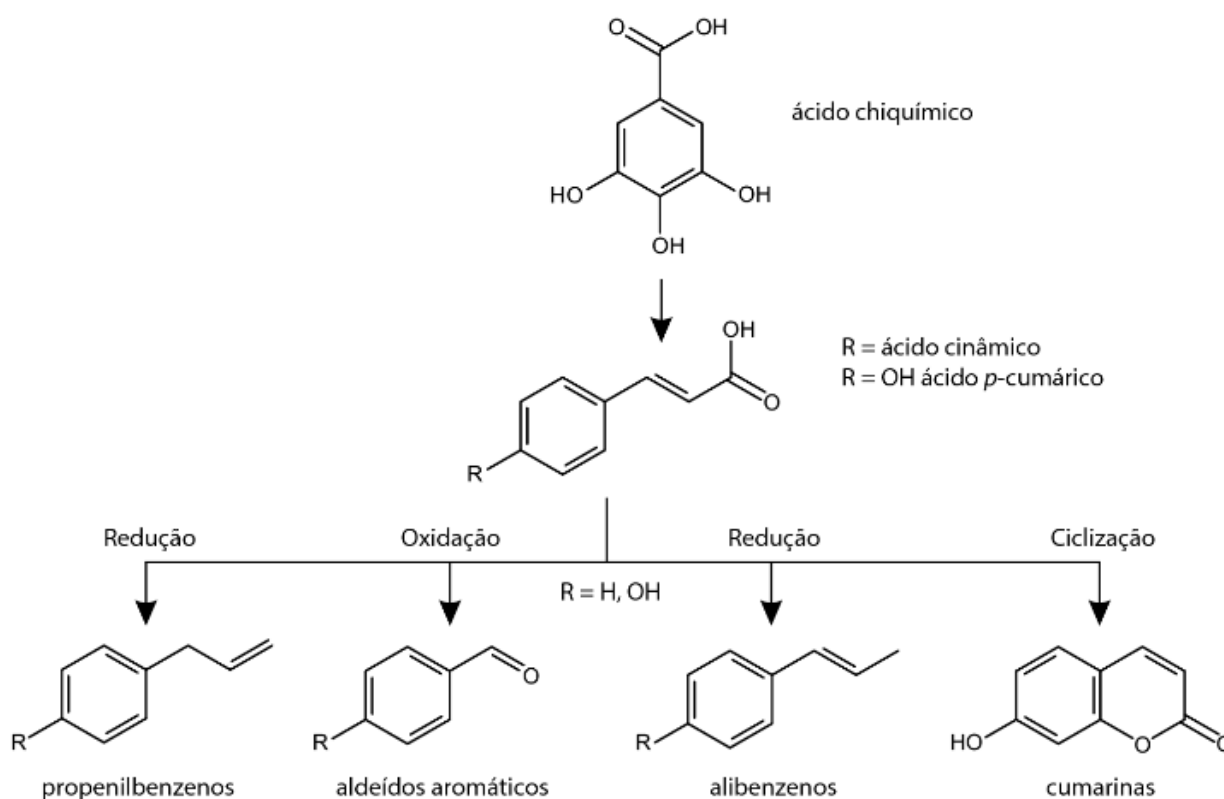
Figura 1: Metabolismo da Glicose



Fonte: Simões et al (2017).

Os fenilpropanóides são formados por meio do ácido chiquímico que, por sua vez são originados da condensação aldólica de fosfoenopiruvato e eritrose-4-fosfato. Quando formado, o ácido chiquímico reage com uma molécula de fosfoenolpiruvato, gerando o ácido corísmico, que é responsável pela síntese de aminoácidos aromáticos (fenilalanina e a tirosina). Esses aminoácidos por meio da perda de uma molécula de amônia, dão origem aos ácidos cinâmicos e *p*-cumárico, respectivamente. Os ácidos cinâmicos e *p*-cumárico, por sua vez, sofrem inúmeras reações de redução enzimática, formando propenilbenzenos e/ou alilbenzenos, que são oxidados com degradação das cadeias laterais e ciclização a fenilpropanoides (SIMÕES et al., 2017). A ilustração do mecanismo simplificado da formação dos fenilpropanóides por meio do ácido chiquímico pode ser observada na Figura 2.

Figura 2: Mecanismo simplificado da formação dos fenilpropanoides

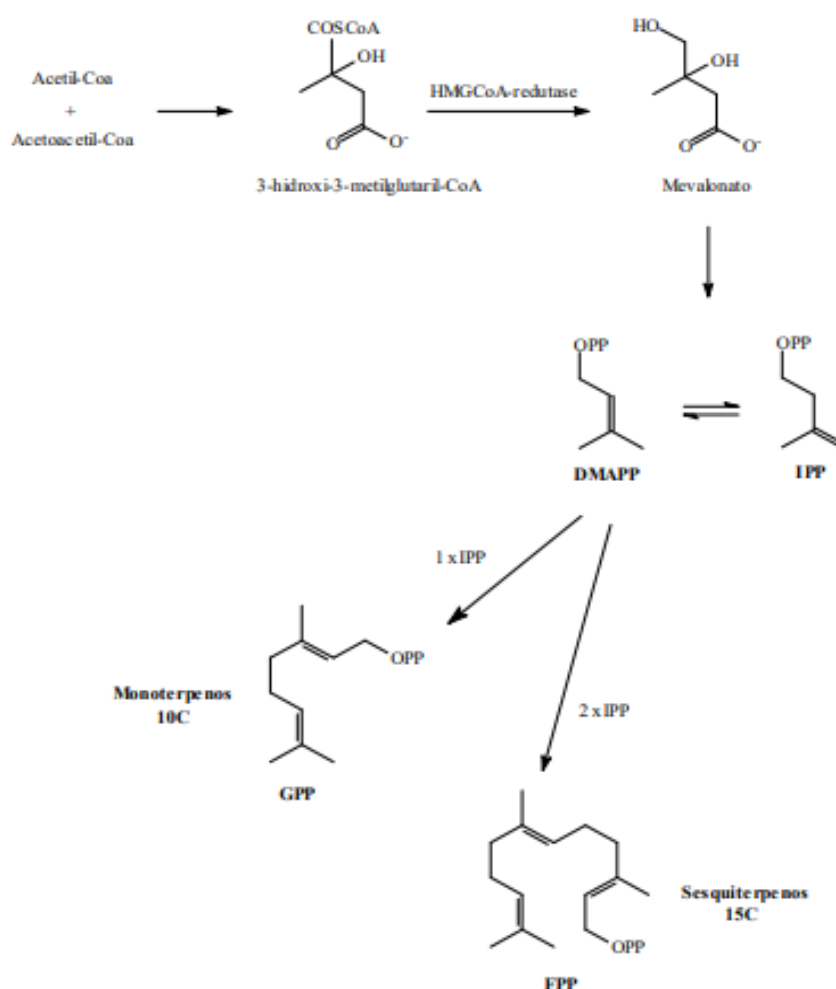


Fonte: Simões et al. (2017)

Os compostos terpênicos são biossintetizados a partir das moléculas fosforiladas e ativas isopentenil difosfato (IPP) e seu isômero dimetilalil difosfato (DMAPP). A síntese para a formação dos intermediários básicos (IPP e DMAPP), ocorre por meio de

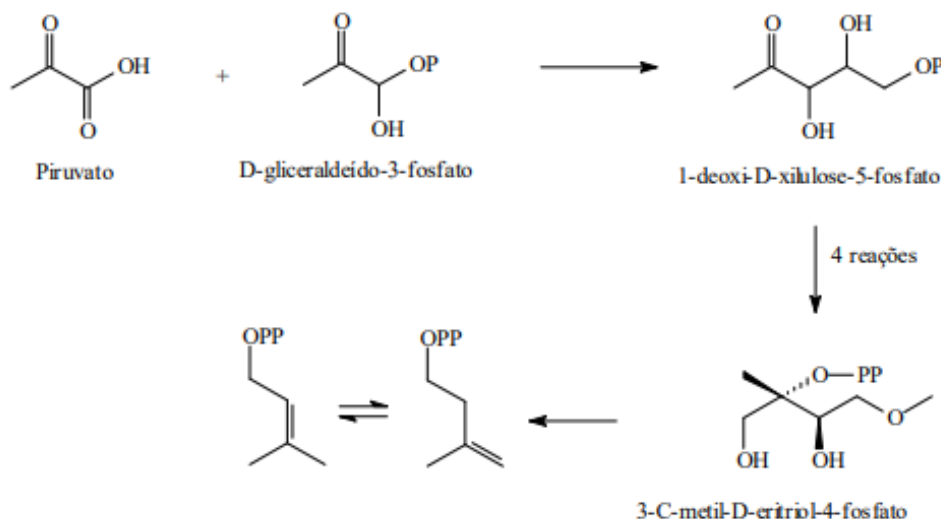
duas vias independentes localizadas em compartimentos intracelulares separados, no citosol, o IPP é formado por meio da via do mevalonato através da condensação do acetil-CoA (Figura 3) e nos plastídios formado por meio do piruvato e gliceraldeído 3-fosfato por meio do fosfato de metileritritol, seguindo a via do DXPS (Figura 4) (SIMÕES et al., 2017). Os terpenos são classificados pela quantidade de unidades isoprênicas, uma única unidade é conhecida como hemiterpenos, quando dois isoprenos se juntam ocorre a formação dos monoterpenos (10 átomos de carbonos), já a junção de três unidades isoprênicas origina os sesquiterpenos (15 átomos de carbonos), e assim por diante (SIMÕES et al., 2017)

Figura 3: Biossíntese dos terpenos pela via do mevalonato



Fonte: Adaptado de Simões et al. (2017)

Figura 4: Biossíntese dos terpenos pela via do DXPS



Fonte: Dewick, (2008).

2.2 Espécies vegetais (Família Lamiaceae)

A família Lamiaceae representam a sexta maior família de plantas, que consistem em aproximadamente 200 gêneros e mais de 7.000 espécies. São plantas com aroma normalmente intenso e agradável, suas espécies de ervas e arbustos são comuns em regiões do mediterrâneo e em áreas subtropicais, tendo uma exceção em regiões polares mais frias (BEKUT et al., 2018). Dados da literatura descritos por De Oliveira et al. (2021), citam-que os óleos essenciais estão presentes nas folhas, flores, frutos ou sementes das espécies vegetais, e apresentam papel fundamental no sistema de defesa dessas plantas.

A família Lamiaceae é conhecida por sua riqueza de espécies possuidoras de propriedades medicinais com forte histórico de uso desde tempos remotos, além de ser bastante conhecida pelo alto teor de óleo essencial, que por sua vez apresenta uma riqueza em compostos como fenilpropanóides e terpenóides. Estas classes são de grande interesse devido às suas atividades biológicas (ABDELHALIM; HANRAHAN, 2021).

Pressupõe-se que existam de 150 a 200 espécies de plantas que podem produzir óleo essencial, sendo abundantes em angiospermas dicotiledôneas incluindo a família de Pinaceae, Lamiaceae, Compositae, Lauraceae, Myrtaceae e Umbelliferaceae (KUSUMA

e MAHFUD., 2018). Entre estas destaca-se a família Lamiaceae que possui constituintes químicos com grande poder antioxidante em seus óleos essenciais.

As plantas que obtém óleos essenciais são diferenciadas pela ocorrência de estruturas morfológicas específicas que secretam e armazenam o óleo, sendo a construção da anatomia microscópica característica para as espécies de determinado gênero ou para uma família em específico, de forma que ela auxilia na identificação de determinada espécie vegetal. Entre as estruturas secretoras especializadas, destacam-se as células oleíferas, como aquelas em espécies de Zingiberaceae, Lauraceae e Piperaceae. Também podem ocorrer em estruturas de depósito intracelulares, que por vezes podem ser visualizadas a olho nú, como no caso das bolsas lisígenas de espécies de Rutaceae e das bolsas esquizógenas, que ocorrem em representantes de Apiaceae e Myrtaceae. Os óleos voláteis também podem ocorrer em estruturas localizadas entre a cutícula e a membrana celular, como tricomas e escamas glandulares das famílias Asteraceae e Lamiaceae (SIMÕES et al., 2017).

As plantas da família Lamiaceae são reconhecidas por suas folhas opostas e onduladas; flores bilaterais e simétricas com cinco pétalas e cinco sépalas unidas. Na maioria das vezes, são identificadas por seus odores distintos e, por isso são amplamente utilizadas na culinária, perfumaria, medicina popular e alternativa (SANTOS et al., 2015). Apresentam também atividades antioxidante, antimicrobiana, antifúngica, antitumoral, expectorante, calmínativa, entre outras (CALDAS et al., 2011; MILEVSKAYA et al., 2017). Os principais constituintes químicos presentes nos óleos dessas espécies são terpenos e terpenóides, dentre eles mentol, mentona, piperitona, pulegona, linalol, neral, timol, 1,8-cineol, terpineno, carvacrol e cariofileno (GIATROPOULOS et al., 2018).

2.2.1 Alecrim

O alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.) é uma erva aromática da família Lamiaceae, amplamente cultivada em muitas regiões do mundo e especialmente na região mediterrânea. É um arbusto perene de 0,5 a 2 m, com o caule lenhoso e coberto com casca acinzentada, dividido em muitos ramos tetragonais. As folhas são duras, estreitas e verdes. As flores, azul-claro ou lilás claro, agrupam-se em densos cachos axilares ou terminais (Figura 5). As folhas frescas e secas são muito utilizadas na cozinha tradicional mediterrânea como aditivo. Geralmente apresentam um sabor amargo e adstringente, que complementa uma grande variedade de alimentos (DIASS et al., 2021).

Estudos de Xylia et al. (2022), revelaram diversas propriedades desta erva, incluindo atividades antioxidantes, antimicrobianas, anti-inflamatórias, anticancerígenas, antidepressivas e neuroprotetoras, bem como sua capacidade de ter efeitos positivos na memória. Os extratos das plantas de alecrim estão sendo cada vez mais utilizados na indústria alimentícia, devido as suas propriedades antioxidantes, uma vez que elas previnem a oxidação lipídica e garante melhores características organolépticas aos produtos.

Em trabalho realizado por Upadhyay et al. (2021), o óleo essencial do alecrim apresentou propriedades antibacterianas e citotóxicas. Sendo os óleos essenciais ricos em constituintes químicos como 1,8-cineol, α -pineno, linalol, mircenol, cânfora, borneol, terpinen-4-ol, α -terpineol, verbinone, piperitone e β -pineno. Estas espécies também oferecem propriedades antimutagênicas, antiinflamatórias, hipoglicemiantes, hipolipidêmicas, hipotensoras, antiateroscleróticas, antitrombóticas, hepatoprotetoras e hipocolesterolêmicas, devido a presença de metabólitos secundários.

A composição química do óleo essencial pode apresentar variação devido a fatores ambientais e de manejo das plantas, bem como da forma de extração e armazenamento, que podem influenciar nas suas atividades (NASCIMENTO et al., 2007).

Figura 5: Aspecto geral de uma planta de alecrim



Fonte: Oliveira (2017).

2.2.2 Orégano

O orégano (*Origanum vulgare L*), (Figura 6), é uma erva perene pertencente à família Lamiaceae que cresce espontaneamente em florestas, substratos calcários, arbustos, pastagens rochosas das planícies e serras baixas, sendo utilizado na medicina popular, cosmética e conservação de alimentos (EL KHARRAF et al., 2021).

Existem distintas quantidades de compostos que constituem o óleo essencial de orégano, como hidrocarbonetos monoterpênicos (α -pineno, β -pineno, p -cimeno), sesquiterpenos (β -cariofileno), linalol, terpinen-4-ol e fenóis (carvacrol e timol). O carvacrol é o principal componente do óleo essencial de orégano representando cerca de 68% na sua composição (SUNTRES; COCCIMIGLIO; ALIPOUR, 2015).

Os óleos essenciais do orégano apresentam mono e sesquiterpenóides como principais classes químicas de metabólitos secundários. Na maioria os monoterpênóides fenólicos como timol e carvacrol que constituem até 70% do óleo total. Além do mais, γ -terpineno e p -cimeno foram detectados em quantidades apreciáveis que garantem as atividades biológicas dos óleos essenciais (KHAN et al., 2018)

Pesquisas de Morshedloo et al. (2018), citam que há muito tempo e atualmente o orégano é e foi utilizado como erva medicinal em preparações etnofarmacológicas para tratar diversas doenças, como tosse convulsiva, distúrbios digestivos, problemas menstruais, bronquite, asma e frequentemente como expectorante, estimulante, antioxidante, anti-inflamatório e antimicrobiano, além de apresentarem muitas outras aplicações medicinais.

Figura 6: Aspecto geral de uma planta de orégano



Fonte: Sigrist (2015).

2.2.3 Manjeriçã

A espécie *Ocimum basilicum* L. pertencente à família Lamiaceae, é uma planta herbácea, anual ou perene, bastante ramificada, aromática e perfumada. Conhecida vulgarmente como manjeriçã, essa espécie atinge uma altura de 0,5 a 1 metro (Figura7) Possui haste reta com muitas folhas carnosas, ovaladas, sem pêlos e de cor verde-brilhante, suas flores são brancas ou avermelhadas (FAVORITO et al., 2011; GRANDI, 2014).

O gênero *Ocimum* coletivamente chamado de manjeriçã é muito apreciado devido à sua diversidade. Existe relatos que na Índia, cerca de 30 espécies são encontradas, incluindo ervas e arbustos. Também é difundido na distribuição de áreas tropicais e subtropicais da África, Ásia, América Central e do Sul (KUMAR e LAL, 2021). É subespontâneo em todo o Brasil. Na medicina popular é utilizado na cura de feridas; tuberculose pulmonar; gripe e resfriado; infecções de boca e garganta; espasmos e queda de cabelo nas formas de cataplasma, xarope, banho, decocção e infusão, respectivamente. É considerado poderoso antisséptico, carminativo, digestivo, inseticida e analgésico (MILITÃO; FURLAN, 2014)

No comércio, na indústria alimentícia e farmacológica, o manjeriçã é utilizado na preparação de fitoterápicos, como condimentos em molhos e temperos, fornecendo aromas nos pratos culinários do dia a dia. O óleo essencial da espécie *Ocimum basilicum* L. pode ser extraído de folhas e ápices que possuem inflorescências, sendo que os principais constituintes são eugenol, estragol, linalol, lineol, alcanfor, cineol, pineno, carvacrol e timol. O óleo apresenta propriedades antioxidantes, antimicrobianas, inseticidas e repelentes (FAVORITO et al., 2011; MILITÃO; FURLAN, 2014).

Figura 7: Aspecto geral de uma planta de manjeriçã



Fonte: Kumar e Lal (2021).

2.2.4 Hortelã

As plantas chamadas de hortelã, pertencem a família Lamiaceae (Figura 8), elas são classificadas dentro do gênero *Mentha. L.*, que inclui cerca de vinte e cinco espécies amplamente distribuídas em regiões de temperatura moderada da África do Sul, América do Norte, Eurásia e Austrália (NAZEM et al., 2019). É uma erva perene que cresce de 30 a 100 cm de altura, e suas espécies variam consideravelmente em forma, tamanho e dimensões das folhas, mas geralmente as folhas de hortelã têm de 5 a 9 cm de comprimento, de 1,5 a 3 cm de largura e pontas pontiagudas como uma lança (ALSARAF et al., 2021).

A hortelã é considerada uma cultura industrial pelo fato de ter amplo uso do seu óleo essencial em produtos farmacêuticos, alimentícios, bebidas, confeitaria, cosmetologia e produtos de higiene como no creme dental e desodorizante bucal. O cheiro pungente característico e o odor aromático do óleo essencial de hortelã são atribuídos à presença de carvona em sua constituição (ALSARAF et al., 2021).

Tafrihi et al. (2021), destacam que a composição química dos extratos do gênero *Mentha* foram revisadas e relacionadas com suas várias atividades biológicas, os autores relataram que a *Mentha spicata L.* apresenta diversos metabólitos secundários, entre eles alcalóides, compostos fenólicos (taninos, ácidos fenólicos, flavonóides e seus glicosídeos), terpenóides, resinas, cumarinas e esteróides. Sendo a atividade anti-inflamatória e antioxidante da *Mentha spicata* conferida aos altos teores de compostos fenólicos não voláteis destacando os flavonóides (LI e TIAN., 2018).

De acordo com Chrysargyris et al. (2017), os constituintes químicos mais encontrados no óleo essencial de hortelã são carvona, limoneno e 1,8-cineol. Shahbazi (2015), por sua vez, encontrou carvona (78,76%), limoneno (11,50%), dihidrocarveol (1,43%), além de compostos minoritários como constituintes químicos para o óleo de hortelã. Recentemente, Shabsavarpour et al. (2017), estudando o óleo essencial de hortelã, obtiveram como constituintes majoritários carvona (45,96 %), pulegona (13,89%) e limoneno (12,81%). Ferreira (2018) encontrou como constituintes majoritários do óleo de *Mentha Spicata* a carvona, o dihidrocarveol, o trans-carveol e o 1,8-cineol. Sendo a carvona considerada o constituinte majoritário da espécie *Mentha Spicata*.

A hortelã é uma espécie vegetal amplamente cultivada para fazer infusões, tinturas ou para tratamento de diferentes doenças e distúrbios, como cólica intestinal, distúrbios hepáticos, gastrite, icterícia e dor de cabeça (JURIC et al., 2021, MAHENDRAN e RAHMAN, 2020).

Figura 8: Aspecto geral de uma planta de hortelã



Fonte: Sigrist (2013).

2.2.5 Alfavaca

A espécie *Ocimum gratissimum* L. pertence à família Lamiaceae e é conhecida popularmente como alfavaca (Figura 9). Originária da Ásia é comumente encontrada em regiões tropicais e quentes, na África, Índia, Europa, América Central e Sul. Sua ocorrência é subespontânea em todo o Brasil, principalmente na região Nordeste. Morfologicamente, a alfavaca é um subarbusto aromático com até 2 metros de altura, suas folhas apresentam características ovais lanceoladas, suas flores são pequenas de coloração lilases ou brancas (GRANDI, 2014).

Na medicina popular, a planta é utilizada na forma de infusão, xarope, maceração ou emplasto contra gripes, resfriados e febres. Indicada também como emoliente, expectorante, sudorífero, antisséptico bucal, contra frieiras e doenças de pele, entre outros. Além das propriedades farmacológicas, a alfavaca é utilizada na culinária como tempero e considerada um excelente condimento (GRANDI, 2014; OLIVEIRA et al., 2016).

Esta planta é considerada como importante fonte de óleos essenciais usados principalmente nas indústrias para a produção de fármacos, perfumes e cosméticos, consequência do seu cheiro forte e aromático. Os principais constituintes do óleo essencial da alfavaca já encontrados e citados na literatura são eugenol, 1,8-cineol, timol, estragol, linalol e cânfora. Estes constituintes químicos conferem a esse óleo essencial propriedades antioxidante, antifúngica, antibacteriana, antiparasitária, antiproliferativa (BRASIL, 2015; OLIVEIRA et al., 2016; KHAN et al., 2018). O eugenol é considerado o composto majoritário desse óleo essencial e é empregado na indústria farmacêutica em produtos odontológicos, por apresentar propriedades antissépticas e analgésicas. Esta

substância também é utilizada em formulação de xaropes para tratar bronquite e tosse (CRUZ; BEZERRA, 2017).

Figura 9: Aspecto geral de uma planta de alfavaca



Fonte: Casali (2010).

2.2.6 Sálvia

A espécie *Salvia officinalis* L. (Figura 10), pertencente à família Lamiaceae é conhecida popularmente como salva, salva-das-boticas e salva-dos-jardins. É um arbusto perene e nativo das áreas do Mediterrâneo e do Oriente Médio. Suas plantas apresentam hábito de crescimento herbáceo ou arbustivo muito ramificado, de pequeno porte, medindo entre 50 a 80 cm, com florescimento entre os meses de agosto e dezembro (LORENZI e MATOS 2002). Suas folhas apresentam características de coloração verde-acinzentadas, geralmente são ovais-lanceoladas e largas, e flores agrupadas em espiga (CORRÊA et al. 2003).

A sálvia é considerada uma planta medicinal comumente utilizada para o tratamento de diversas doenças e distúrbios, como depressão, obesidade, diabetes, lúpus, demência, câncer e doenças cardíacas (ĐUROVIĆ et al., 2022).

Os principais compostos presentes nos óleos de sálvia são os monoterpenos tujenos (tanto α -tujenos quanto β -tujenos), borneol e eucaliptol (1,8-cineol), com a ocorrência dos sesquiterpenos α -cariofileno (humuleno) e β -cariofileno (GHORBANI e ESMAEILIZADEH., 2017). Esses constituintes químicos são responsáveis pelas atividades biológicas como antioxidante, antimicrobiana, antivirulenta, antiparasitária, inseticida, dentre outras (RADIVOJAC et al., 2020).

A sálvia tem sido amplamente estudada e reconhecida por sua capacidade antioxidante relacionada aos seus compostos fenólicos. Povh e Ono (2008), destacaram

que os constituintes antioxidantes da sálvia são carnosol, rosmadial, ácido carnosínico, rosmanol e epirosmanol, também encontrados nos óleos de alecrim, e sendo indicados como componentes que apresentam propriedades antioxidantes.

Figura 10: Aspecto geral de uma planta de sálvia



Fonte: Reis (2020).

2.3 Atividade Antioxidante

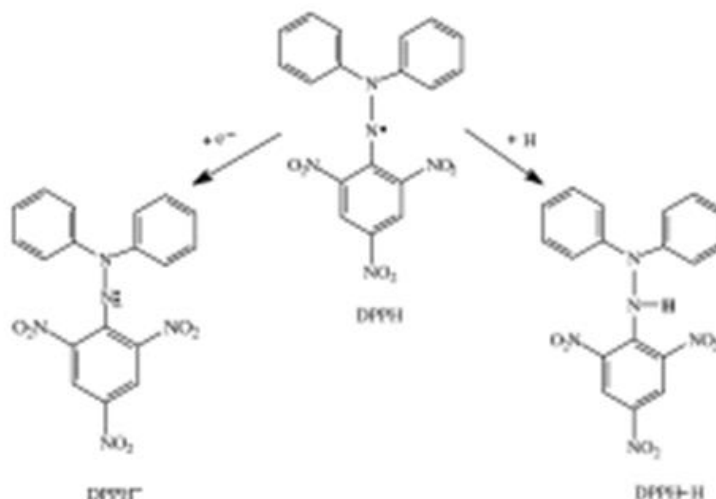
Os radicais livres são espécies químicas que apresentam um ou mais elétrons desemparelhados. São intermédios de reações químicas muito reativos. Estes por sua vez causam danos oxidativos nas células e tecidos, e estão relacionados com a citologia de várias doenças, tais como as degenerativas como o câncer, a aterosclerose e cardiopatias.

Quando existe um desequilíbrio entre moléculas oxidantes e antioxidantes tem-se danos celulares, conhecido como estresse oxidativo. Desta forma, a utilização de elementos antioxidantes na alimentação e em bebidas pode combater os radicais livres. Vários compostos presentes em plantas possuem esta atividade, como as vitaminas (α -tocoferol, β -caroteno, ácido ascórbico), clorofilina, curcumina, flavonóides e também alguns óleos essenciais (BIANCHI; ANTUNES, 1999; RUBERTO; BARATTA, 2000). Os óleos essenciais, vem ganhando destaque em pesquisas pelo fato de apresentarem atividades biológicas, destacando a antifúngica, antimicrobiana e antioxidante, além de serem uma alternativa natural a produtos sintéticos (MIRANDA et al., 2014).

Existem diferentes métodos para avaliação da atividade antioxidante de um composto, entre eles destacam-se os métodos de sequestro de radicais DPPH e branqueamento de β -caroteno. A avaliação antioxidante pelo método de sequestro DPPH consiste em avaliar a redução do radical estável 2,2-difenil-1-picrilhidrazina (DPPH) a 1-1-difenil-2-picrilhidrazina, com perda de sua coloração púrpura como indicativo do potencial de

antioxidante da espécie avaliada. A reação é monitorada espectrofotometricamente no comprimento de onda de 515 nm. A redução do DPPH acontece pela transferência de elétrons por parte do composto antioxidante avaliado ou pela via de transferência de um átomo de hidrogênio (Figura 11) (OLIVEIRA et al. 2016).

Figura 11: Mecanismo de redução de DPPH



Fonte: Oliveira (2015).

De acordo com Duarte-Almeida (2006), o ensaio de branqueamento de β -caroteno avalia a capacidade da amostra ou composto em proteger o substrato lipídico (β -caroteno) da oxidação. Este é avaliado por medidas espectrofotométricas da descoloração (oxidação) do β -caroteno devido ao ataque de radicais resultantes da oxidação do ácido linoleico por espécies reativas de oxigênio que estavam presentes no meio. Quando não há substâncias antioxidantes no meio ele perde sua coloração alaranjada.

Existe vários estudos sobre a atividade antioxidante dos óleos essenciais. Kumar et al (2019), realizaram testes antioxidante de espécies Asteraceae e Lamiaceae e obtiveram resultados satisfatórios. O óleo essencial de *N. ciliaris* apresentou atividade máxima de estabilização dos radicais livres DPPH e os óleos de *N. leucophylla*, *E. annuus* e *E. mucronatus* apresentaram capacidade antioxidante próxima ao BHT seguido por *C. umbrosa*, *N. clarkei* e *E. karwinskianus*. Os resultados promissores da atividade antioxidantes dos óleos essenciais destas espécies estão relacionados aos compostos ativos como fenilpropanoides e terpenoides, presentes nos óleos destas plantas.

Ferreira et al. (2019), estudaram os óleos essenciais de hortelã, cravo-da-índia, orégano e candeia e verificaram que o óleo de cravo-da-índia e orégano em conjunto com seus constituintes majoritários eugenol e carvacrol, apresentaram atividade antioxidante frente aos ensaios colorimétricos de estabilização de radicais DPPH e hidroxila, proteção

do sistema β -caroteno, além de se mostrarem potentes agentes redutores no ensaio de poder redutor. O óleo de hortelã apresentou ter efeito quelante frente os íons ferro (II) e o óleo de candeia não apresentou atividade.

Andrade et al. (2012), estudaram os óleos essenciais de *Cymbopogon nardus*, *Cinnamomum zeylanicum* e *Zingiber officinale*, e verificaram que estes óleos essenciais apresentaram atividade antioxidante pelo teste de branqueamento β -caroteno, porém pelo teste de DPPH apenas *C. nardus* apresentou atividade antioxidante. Para os autores, isto ocorreu porque esse teste é impróprio para substâncias lipofílicas, devido à baixa solubilidade do óleo nas condições de análise.

Miranda et al. (2014) estudaram a composição química dos óleos essenciais extraídos de folhas frescas de tomilho, capim-limão, alfavaca e manjeriço, e avaliaram a sua atividade antioxidante pelos métodos de sequestro de radicais DPPH e pela inibição da oxidação do sistema de branqueamento β -caroteno. A atividade dos óleos foi analisada frente à atividade dos padrões dos constituintes majoritários dos óleos essenciais das plantas em estudo, que foram: timol, citral, eugenol e linalol, respectivamente. Os autores encontraram resultados satisfatórios para as amostras de eugenol e do óleo essencial de alfavaca. Eles perceberam que os óleos essenciais e seus respectivos padrões se agrupam devido à similaridade quanto às quantidades de fenilpropanóides e monoterpenos.

Miranda et al (2016), extraído óleos essenciais das folhas frescas das espécies *C. bonariensis*, *P. hysterophorus*, *T. diversifolia*, *A. polystachya*, *H. coronarium* e de *B. dracunculifolia*, verificaram uma predominância de monoterpenoides nos óleos essenciais de *C. bonariensis*, *T. diversifolia*, *H. coronarium* e *B. dracunculifolia* e predominância de sesquiterpenoides nos óleos de *P. hysterophorus* e *A. polystachya*. Na avaliação do sequestro do radical DPPH os óleos essenciais de todas as espécies não apresentaram atividade, e no teste de branqueamento β -caroteno, apenas os óleos essenciais de *C. bonariensis*, *P. hysterophorus*, *A. polystachya*, e *B. dracunculifolia* apresentaram CI_{50} superiores à maior concentração avaliada ($250 \mu\text{g mL}^{-1}$). Segundo os autores os resultados não promissores podem ter sido pelo fato dos constituintes majoritários dos óleos avaliados, não serem compostos fenólicos ou que contêm átomos de hidrogênio na posição alílica e/ou posições benzílicas.

Ferreira et al. (2019), citam que alguns óleos essenciais não apresentam atividade frente aos testes DPPH e ensaio de branqueamento β -caroteno. Para os autores, isso é atribuído por vários fatores como a metodologia utilizada, a dificuldade de solubilização e a estrutura química dos constituintes dos óleos, onde o último é o fator que mais

influência na atividade antioxidante, pois a estrutura química do constituinte majoritário do óleo essencial está diretamente ligada à determinação da atividade do mesmo.

3 Material e métodos

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Química Orgânica - Óleos Essenciais do Departamento de Química da Universidade Federal de Lavras.

3.1 Obtenção do material vegetal

Os materiais vegetais estudados foram, alecrim, alfavaca, orégano, manjeriço, hortelã e sálvia, adquiridos na forma de plantas secas em estabelecimentos comerciais das cidades de Lavras e Belo Horizonte, ambas situadas no estado de Minas Gerais – Brasil.

3.2 Extração do óleo essencial

Os óleos essenciais das espécies da família estudada foram obtidos por hidrodestilação, utilizando um aparelho de Clevenger modificado acoplado a um balão de fundo redondo de 1 L, de acordo com a metodologia descrita por Brasil (2010).

Aproximadamente 70 g do material vegetal das espécies alecrim, orégano, manjeriço, hortelã e sálvia, com exceção da alfavaca (30 g), foram adicionados em balão de fundo redondo com cerca de 500 mL de água. O processo de destilação foi realizado por um período de 2 horas, para a obtenção do hidrolato. Decorrido esse tempo, o óleo essencial foi separado do hidrolato por centrifugação, utilizando uma centrífuga de cruzeta horizontal (FANEM, 206-R) a 9,6 G por 15 min. O óleo foi retirado com o auxílio de uma pipeta de Pasteur, acondicionado em frasco de vidro, armazenado ao abrigo de luz e calor. O processo de extração foi realizado em triplicata, para determinação do rendimento de extração.

3.3 Determinação da umidade e do rendimento do óleo essencial

A umidade de cada material vegetal foi determinada utilizando o sistema de Dean e Stark, que se baseia no princípio da imiscibilidade de solventes (cicloexano e água), no qual, foram pesados cerca de 5 g de material vegetal, juntamente com 80 mL de cicloexano. Após 2 horas, o volume de água presente no material vegetal foi quantificado. A determinação da umidade foi realizada em triplicata seguindo a metodologia descrita por Pimentel et al. (2006). O rendimento da extração do óleo essencial de cada planta foi

determinado em porcentagem de peso/peso (%p/p) em Base Livre de Umidade (BLU), utilizando a Equação 1:

$$\%R = \frac{100 \times \text{peso do óleo}}{\text{Peso da amostra} - (\text{peso da amostra} \times \text{umidade})} \quad \text{Equação 1}$$

3.4 Caracterização química dos óleos essenciais

A caracterização e quantificação química dos óleos essenciais foi realizada no Centro de Análises e Prospecção Química – CAPQ, no Departamento de Química da UFLA. Os constituintes químicos dos óleos essenciais foram identificados por cromatografia em fase gasosa acoplada à espectrometria de massas (CG/EM- Shimadzu, QP5050A) utilizando-se uma coluna capilar de sílica fundida (30 m x 0,25 mm) com fase ligada a DB5 (0,25 µm de espessura). O gás de arraste utilizado foi He a um fluxo de 1,18 mL min⁻¹ a 210 °C. A temperatura iniciou-se em 60 °C, seguida de um aumento de 3 °C até 240 °C; posteriormente, a 10 °C, até chegar em 300 °C, a qual permaneceu constante por 7 min. A temperatura do injetor foi de 220 °C e a do detector (ou interface) de 240 °C. Foram injetados 0,1 µL de amostra, diluída em hexano a uma taxa de partição de 1:100. Na avaliação quantitativa, utilizou-se um cromatógrafo gasoso (Shimadzu CG – 17A) equipado com detector por ionização de chamas (FID). Os parâmetros experimentais de análise foram os mesmos utilizados na identificação por CG/EM, com temperatura do detector de 300 °C. Os constituintes foram identificados comparando os índices de retenção calculados pela equação de Van Den Dool e Kratz (1963), levando em consideração a relação da série homóloga de alcanos (nC₈- nC₁₈) e com extrapolação para C₁₉ e C₂₀, com os índices de retenção da literatura, segundo Adams (2017) e duas bibliotecas do equipamento NIST107 e NIST2. Estas bibliotecas possibilitaram a comparação dos espectros obtidos com os existentes.

3.5 – Atividade Antioxidante: Diluição das amostras

Para os testes antioxidantes de DPPH e branqueamento de β-caroteno os óleos essenciais de alecrim, orégano, manjeriço, hortelã, alfavaca e sálvia foram diluídos em etanol nas concentrações de 1; 2,5; 15; 25; 50; 100; 150; 200; 250; 500 µg mL⁻¹.

3.5.1 – Atividade Antioxidante: Sequestro de radicais livres DPPH

A avaliação do sequestro de radicais livres DPPH foi realizada de acordo com a metodologia descrita por Teixeira et al (2013), com algumas adaptações. Preparou-se uma solução etanólica de DPPH na concentração de 40 mg L⁻¹ e mantida ao abrigo de luz. Posteriormente a preparação da solução de DPPH, foram adicionados a tubos de ensaio 0,3 mL de amostra nas concentrações de 1; 2,5; 15; 25; 50; 100; 150; 200; 250; 500 µg mL⁻¹ seguido da adição de 2,7 mL da solução de DPPH. Paralelamente, foram preparados o controle e o branco. O controle foi preparado pela adição de 0,3 µL de etanol e 2,7 mL de solução de DPPH, e o branco, pela adição de 2,7 mL de etanol e 0,3 µL da solução de óleo essencial na maior concentração. As misturas foram mantidas ao abrigo de luz por 60 min; após esse período, foram realizadas leituras de absorvância em espectrofotômetro UV/ Vis (Shimadzu UV-160 1 PC) a 515 nm.

A porcentagem de atividade antioxidante (%AA) foi calculada seguindo a Equação 2:

$$\% AA = 1 - \frac{A_{amostra}}{A_{controle}} \times 100 \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

$A_{amostra}$ = absorvância da solução contendo todos os reagentes

$A_{controle}$ = absorvância do controle.

O IC₅₀ (concentração mínima inibitória necessária para estabilizar 50% dos radicais DPPH) foi determinado a partir da equação da curva de %AA versus concentração.

O antioxidante sintético BHT foi usado como padrão de comparação e as análises realizadas em três repetições.

3.5.2 – Atividade Antioxidante: Ensaio de branqueamento β-caroteno

O ensaio de branqueamento β-caroteno foi realizado seguindo a metodologia de Kulisic et al. (2004) com algumas adaptações. Em um balão de fundo redondo com volume de 250 mL preparou-se uma emulsão com 0,0030 g de β-caroteno, 0,2000 g de ácido linoleico, 1,000 g de Tween 20 e 15 mL de clorofórmio. Posteriormente ao preparo desta emulsão, ela foi rota-evaporada por 60 min a 50 °C, para eliminação do clorofórmio. Ao resíduo, foram adicionados 500 mL de água destilada saturada em oxigênio.

O ensaio foi realizado com quatro repetições, onde foram adicionados aos tubos de ensaio 2,7 mL da emulsão e 0,3 µL dos óleos essenciais nas concentrações de 1; 2,5; 15; 25; 50; 100; 150; 200; 250; 500 µg mL⁻¹. Simultaneamente foram preparados o controle e o branco. O controle continha 0,3 µL de etanol e 2,7 mL de solução de β-caroteno, e o branco 2,7 mL de etanol e 0,3 µL da solução de óleo essencial na maior concentração. Posteriormente, foram realizadas leituras em espectrofotômetro UV/Vis (Shimadzu UV160 1 PC) a 470 nm no tempo inicial (t = 0) e, após 60 minutos de incubação, a 50 °C na ausência de luz. Após todos os resultados da absorbância a porcentagem de atividade antioxidante (%AA) foi calculada seguindo a Equação 3:

$$\%AA = \left(1 - \frac{(A_0 - A_t)}{(A_{00} - A_{0t})} \right) \times 100 \quad \text{Equação 3}$$

Onde:

A₀: absorbância no início da incubação, com a amostra;

A_t: absorbância depois de 60 minutos, com amostra;

A₀₀: absorbância no início da incubação, sem a amostra;

A_{0t}: absorbância depois de 60 minutos, sem amostra.

O IC₅₀ foi determinado a partir da equação da curva de %AA versus concentração.

O antioxidante sintético BHT foi tomado como padrão de comparação.

3.6 Análise estatística

O delineamento experimental para os testes antioxidantes realizados foi inteiramente casualizado, utilizando o programa Sisvar para comparação das médias por meio do teste Scott-Knott (FERREIRA et al., 2011).

As médias da atividade antioxidante para os óleos essenciais foram comparadas pelo teste Scott-Knott com 5% de significância em um esquema fatorial (7 x 10), sendo sete amostras de óleos essenciais (alecrim, orégano, manjeriço, hortelã, alfavaca, sálvia e um controle o BHT) e dez concentrações (1; 2,5; 15; 25; 50; 100; 150; 200; 250 e 500 µg mL⁻¹), com três repetições.

4 Resultados e Discussão

4.1 Rendimento dos óleos essenciais

Os resultados obtidos para o teor de umidade (%) e rendimento em base livre de umidade (%p/p BLU) dos óleos essenciais em estudo, estão apresentados na Tabela 1:

Tabela 1 – Rendimento dos óleos essenciais em base livre de umidade

Óleo Essencial	Teor de umidade (%)	Rendimento (%p/p BLU)
Alecrim	7,97	1,17
Orégano	6,36	0,87
Manjeriçã	6,92	0,50
Hortelã	6,93	0,98
Alfavaca	6,95	0,37
Sálvia	7,94	0,88

Fonte: Do autor (2022)

Pelos dados da Tabela 1 percebe-se que apesar dos óleos essenciais serem obtidos das plantas secas ainda há uma certa porcentagem de água, uma vez que os teores de umidade variaram entre 6,36% e 7,97%. Rosado et al. (2011), destacaram que o processo de secagem não esgota totalmente a água da planta, mas retarda e interrompe muitas reações enzimáticas que continuam mesmo após a colheita.

Apesar das plantas secas ainda apresentarem um teor de água ele está abaixo de 10%, pois de acordo com Rosado et al (2011), valores acima de 10% favorecem o desenvolvimento de fungos e bactérias, o que acaba possibilitando a atividade hidrolítica de diversas enzimas além de influenciar o princípio ativo das plantas. Da mesma forma que a secagem em uma temperatura não monitorada pode interferir no princípio ativo também.

Em relação ao rendimento em base livre de umidade o óleo que obteve maior rendimento foi o de alecrim seguido a ordem hortelã, sálvia, orégano, manjeriçã e alfavaca. Spadi et al. (2021) avaliando o rendimento dos óleos essenciais de alecrim obtiveram uma média de (0,64%). Ferreira (2018), estudando os óleos essenciais de hortelã e orégano obteve um rendimento de (0,34% e 1.31%), respectivamente, valor que diverge um pouco do presente estudo. Teixeira (2013), estudando o óleo essencial de folhas frescas de *Mentha spicata* L. obteve um rendimento de 0,15% valor relativamente

inferior ao obtido neste estudo, fato que pode estar relacionado a época de coleta das plantas.

Farhat et al. (2016), buscando avaliar o rendimento e a composição química dos óleos essenciais da sálvia em diferentes estádios fenológicos e com duas origens diferentes encontraram valores de um mínimo de (0,92 e 0,96%) coletado na fase vegetativa para um máximo de (1,45 e 1,49%) obtido na fase de floração, que diminuiu para (1,11 e 1,04%) no decorrer da frutificação. Os autores salientaram que durante a fase de floração, as plantas podem produzir quantidades consideráveis de óleos essenciais para atrair mais polinizadores, no qual justifica o maior rendimento durante a floração. Embora o rendimento da sálvia no presente estudo seja inferior ao dos autores o valor não diverge muito dos rendimentos que os autores obtiveram na fase vegetativa.

Brandão et al. (2020), estudando os óleos essenciais de folhas frescas de manjerição e alfavaca coletadas na parte da manhã obtiveram um rendimento de 2,27% e 3,42%, respectivamente, valores relativamente superiores, ao do presente estudo, esse fato pode ser explicado porque o processo de secagem é capaz de reduzir o rendimento. Cruz e Bezerra (2017) estudando o óleo essencial das folhas frescas de alfavaca coletadas em Fortaleza em dias ensolarados no período da tarde, encontraram um rendimento entre 0,25 a 0,54%. Miranda et al. (2015) estudando o óleo essencial das folhas frescas de manjerição coletadas em Lavras obtiveram um rendimento de 1,4%. É notório que se as plantas forem coletadas com sol quente o rendimento se torna baixo, da mesma forma se elas passarem pelo processo de secagem o rendimento também é reduzido.

Nota-se que embora as espécies sejam da mesma família o rendimento varia, esse fato pode estar relacionado à capacidade geneticamente de uma planta em produzir ou não metabólitos secundários. Também podem ser atribuídas as diferenças na época de colheita, tipo de solo, clima da região, tempo de secagem e umidade relativa do ar no dia da colheita (GOBBO-NETO; LOPES, 2007).

4.2 Caracterização Química

Os resultados obtidos da caracterização química das espécies em estudos estão apresentados na Tabela 2. Os componentes majoritários estão representados na Figura 12:

Tabela 2 - Composição química dos óleos essenciais de algumas espécies da família Lamiaceae

IR _{cal}	IR _{tab}	Constituintes	% área						
			Af	Ac	S	H	O	M	
1431	1432	Trans - α - bergamoteno							1,64
1494	1500	Biciclogermacreno						1,38	
1283	1284	Acetato de bornila			1,66				
1383	1387	β - bourboneno	0,63						
950	946	Canfeno		2,89	14,75				
1147	1141	Cânfora		18,79	52,26			1,70	4,13
1290	1298	Carvacrol						12,78	
1244	1239	Carvona				71,50			
1581	1582	Óxido de cariofileno	5,35		1,35				
1375	1374	α - Copaeno	1,14						
1024	1020	p - cimeno		0,10	0,33			3,66	
1547	1555	Elemicina	83,43						
1032	1026	1,8-Cineol		58,32	8,26	2,70			7,61
1398	1403	Metil - eugenol							5,61
1419	1440	Cis - β - farneseno				1,71			
1480	1484	Germacreno D							0,77
1454	1452	α - Humuleno							1,61
1172	1155	Isoborneol		7,93	4,56				
1028	1024	Limoneno		0,19	2,14	0,01		0,97	
1098	1095	Linalol						0,01	2,43
1247	1254	Acetato de linalila						1,50	
1124	1118	Cis - 2 - mentenol						1,27	
1174	1167	Mentol				1,80			
1155	1148	Mentona				4,04			
1198	1195	Estragol							75,19
987	988	Mirceno			0,18			0,14	
1032	1044	Trans - β - Ocimeno						0,05	
1030	1025	β - felandreno						0,58	
933	932	α - pineno		8,53	8,44			0,33	
978	974	β - pineno		0,73	3,52	0,43			
1141	1139	Hidrato de cis-pineno						0,65	
1237	1233	Pulegona				16,76			
971	969	Sabineno						2,23	
1069	1065	Hidrato de cis-sabineno						3,03	
1101	1098	Hidrato de trans-sabineno						28,07	
1488	1489	β - Selineno	3,57						
1576	1577	Espatulenol	5,88						
1180	1174	Terpinen-4-ol		0,61	0,52			27,83	1,01
1016	1014	α - Terpineno						0,16	
1056	1054	γ - Terpineno						10,73	
1194	1186	α - Terpineol		1,89				1,82	
1085	1086	Terpinoleno						0,89	
924	921	Triciclono			0,43				
925	924	α - Tujeno				0,31		0,23	
1593	1592	Viridiflorol			1,59				
Total			100	99,98	99,99	99,26	100	100	

Af - alfavaca; Ac - alecrim; S - sálvia; H - hortelã; O - orégano e M - manjeriço. RI_{cal} - Índice de retenção calculado; IR_{tab} - Índice de retenção tabelado; * Não confirmado pelo índice de Kovats.

Fonte: Do autor (2022)

O óleo de alfavaca apresentou seis constituintes no qual o majoritário foi a eilimicina (83,43%). Brandão et al. (2020), estudaram o óleo essencial de *O. gratissimum* (Alfavaca) e obtiveram como constituintes majoritários eugenol (79,04%), (Z)- β -ocimeno (14,60%) e germacreno D (5,04%). Kumar et al. (2019) estudaram várias variedades de *O. gratissimum* da Índia e observaram que o óleo continha o fenilpropanóide eugenol (38,6 – 79,2%), o (Z)- β -ocimeno (10 – 29,6%) e germacreno D (1,6 – 8,1%). Estes dados divergem daqueles encontrados neste estudo, sendo que o cis- β -ocimeno foi encontrado como constituinte minoritário.

O óleo de alecrim apresentou dez constituintes, onde os majoritários foram o eucaliptol (58,32%) e a cânfora (18,79%). De Fátima et al. (2020), realizaram uma revisão sistemática sobre a aromaterapia de *Rosmarinus officinalis* L. e encontraram os compostos químicos α -pineno, cânfora e 1,8-cineol. Jiang et al. (2011) estudaram a composição química do óleo de alecrim e encontraram 1,8-cineol (26,54%) e α -pineno (20,14%) como constituintes majoritários, constituintes que corroboram com os deste trabalho, porém o α -pineno foi encontrado como constituinte minoritário.

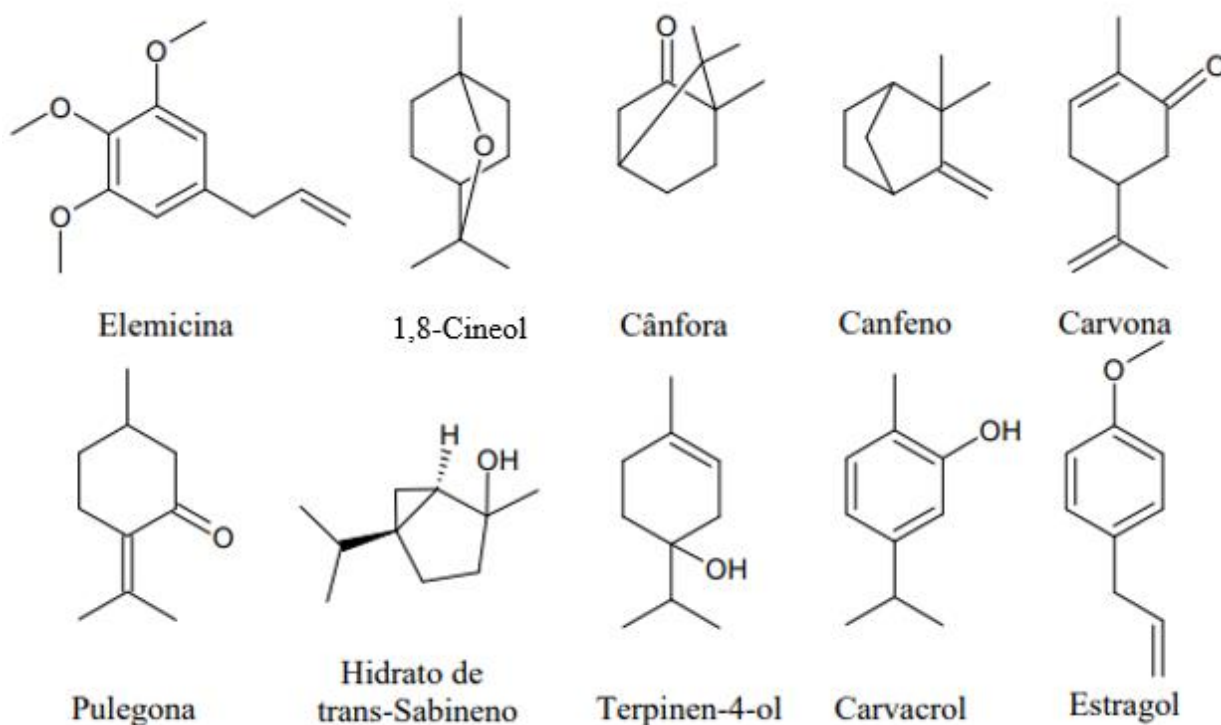
O óleo da sálvia apresentou quatorze constituintes, sendo os majoritários a cânfora (52,26%) e o canfeno (14,75%). Estudos de Durovic et al (2022) mostraram que o procedimento de extração dos óleos essenciais pode influenciar significativamente a composição química, comportamento térmico e atividade biológica dos óleos essenciais. Apesar dos autores terem encontrado como composto majoritário o viridiflorol em todas amostras o conteúdo e a presença/ausência dos compostos minoritários foi diferente. Além do viridiflorol, vários outros compostos como 1,8-cineol (eucaliptol), α - e β -tujonas, cânfora, borneol e verticilo foram encontrados. O viridiflorol também foi encontrado no presente trabalho, mas em concentração mínima.

O óleo de hortelã apresentou nove constituintes, sendo os majoritários a carvona (71,50%) e a pulegona (16,76%). A carvona é uma cetona terpênica e pertence à classe dos monoterpenos oxigenados. Estes compostos são derivados da Via DXPS, uma vez que essa favorece principalmente a formação de monoterpenos e diterpenos, ocorrendo nos plastídios das plantas (DUDAREVA et al., 2005). Shavsavarpour et al. (2017), estudando o óleo essencial de hortelã, obtiveram como constituintes majoritários carvona (45,96 %), pulegona (13,89%) e limoneno (12,81%) em valores inferiores aos encontrados para o óleo essencial no presente estudo. O limoneno também foi caracterizado no presente estudo, porém em concentração traço.

O óleo de orégano apresentou como constituintes majoritários os monoterpenos oxigenados, hidrato de *trans*-sabineno (28,07%), o terpinen-4-ol (27,83%) e o carvacrol (12,78%). Ferreira et al. (2019) obtiveram como componentes majoritários para o óleo de orégano os monoterpenos terpinen-4-ol (22,94%), hidrato de *trans*-sabineno (20,56%), carvacrol (15,64%) e γ -terpineno (10,58%). Estudos de Giannoulis et al. (2020) encontraram *p*-cimeno, γ -terpineno, timol e carvacrol em inflorescências secas e folhas secas do orégano.

O constituinte majoritário encontrado para o óleo de manjeriço foi o estragol (75,19%). Brandão et al. (2022) encontraram como constituintes majoritários do Manjeriço o linalol, o 1,8-cineol e a cânfora. Anteriormente, estudos de Gökçe et al. (2021), encontraram como constituintes o linalol (24,69%) como principal constituinte, juntamente com o éster metílico do ácido cinâmico (19,14%) e o 1,8-cineol (13,11%). Em outro estudo, a composição química do óleo essencial de manjeriço foi o estragol (93,20%), linalol (2,81%) e cineol (0,57%) (Volpe et al. 2018). Estes dados corroboram com o componente principal encontrado no presente estudo. As diferentes composições dos óleos essenciais são em razão das diferentes características geográficas, tipo de colheita e temperatura de secagem (ROSADO et al, 2011).

Figura 12: Estruturas químicas dos constituintes majoritários dos óleos essenciais.



Fonte: Do autor (2022)

Na constituição química dos óleos essenciais existe uma maior predominância de monoterpenos oxigenados como o carvacrol, terpinen-4-ol, hidrato de trans-sabineno, a carvona, a cânfora, a pulegona. Tem-se também o isoborneol, a mentona, o mentol que se apresentaram como constituintes minoritários ou em concentração traço.

O óleo essencial de orégano apresentou uma grande variedade química com 22 componentes e o óleo de alfavaca foi o que apresentou uma menor variedade química com 6 constituintes químicos.

Os óleos de sálvia e alecrim apresentam uma maior similaridade química sendo que 9 constituintes que estavam presentes no óleo de alecrim também estava presente no óleo de sálvia.

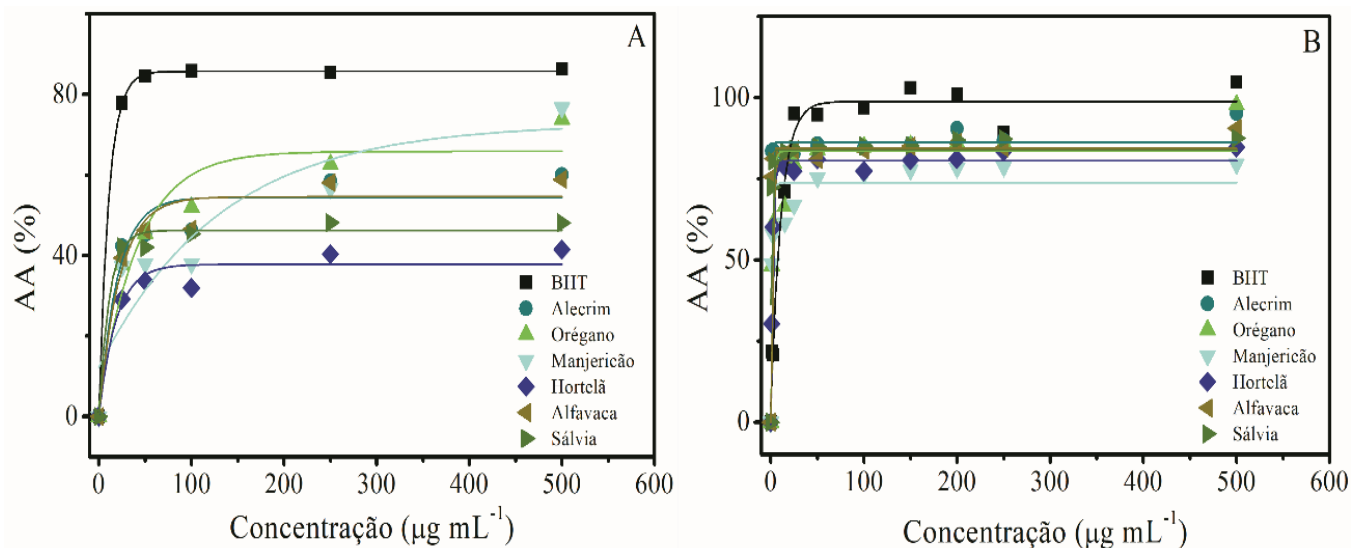
A cânfora, o *p*-cimeno, o eucaliptol, o limoneno, α -pineno, β -cimeno, terpinen-4-ol podem ser considerados marcadores da família Lamiaceae, pois eles estavam presentes na constituição química da maioria dos óleos.

Em relação à composição dos óleos essenciais estudados os resultados são divergentes aos estudos de outros autores, o que nos mostra a influência dos fatores edafoclimáticos na síntese de metabólitos secundários, como clima, composição do solo, disponibilidade hídrica, ataque de patógenos, estação do ano (GOBBO-NETO; LOPES, 2007).

4.3 Atividade antioxidante

Os dados das atividades antioxidantes dos óleos essenciais em estudo, estão apresentados nos gráficos da Figura 13, eles apresentam um comportamento efeito dose dependente e crescimento exponencial.

Figura 13 – Potencial antioxidante dos óleos essenciais avaliados pelos ensaios de (A) estabilização de radicais DPPH e (B) branqueamento de β -caroteno.



Fonte: Do autor (2022)

Os valores IC_{50} estão apresentados na Tabela 3, onde observa-se que o antioxidante BHT e o óleo essencial de alfavaca não diferem entre si ($p < 0,05$) e apresentam maior atividade estabilizadora de radical DPPH, seguidos dos óleos essenciais de alecrim, orégano e manjeriçao. Os óleos essenciais de hortelã e sálvia apresentaram baixa atividade antioxidantes, com IC_{50} acima de $500 \mu\text{g mL}^{-1}$. Já para o ensaio de branqueamento de β -caroteno todos os óleos apresentaram maior atividade protetora do que o antioxidante BHT. Baseando-se nestes dados, os óleos essenciais de alecrim, alfavaca e sálvia não diferem significativamente entre si ($p < 0,05$) e apresentam menor IC_{50} , seguidos dos óleos essenciais de orégano, manjeriçao e hortelã que também não apresentam diferença significativa entre si ao nível de 5% de probabilidade. Como o óleo de alecrim e de sálvia apresentaram praticamente os mesmos constituintes químicos eles apresentaram uma atividade parecida no teste de branqueamento β -caroteno.

Tabela 3: Porcentagem de atividade antioxidante dos óleos essenciais

Amostra	IC ₅₀ µg mL ⁻¹	
	DPPH	β-caroteno
BHT	9,25 ± 0.18a	7.68 ± 0.41c
Alecrim	38,94 ± 10.65b	0.17 ± 0.17a
Orégano	58,32 ± 6.94c	1.29 ± 0.55b
Manjeriçã	187,98 ± 19.78d	1.40 ± 0.78b
Hortelã	> 500	1.71 ± 0.46b
Alfavaca	4.89 ± 0.51a	0.38 ± 0.03a
Sálvia	> 500	0.48 ± 0.16a

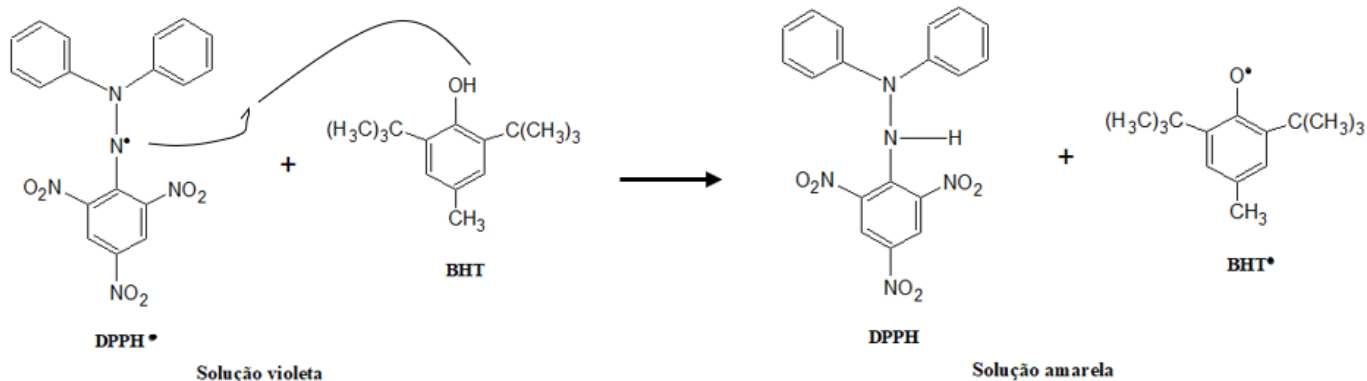
As médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas não diferem entre si pelo teste Scott-knott, ao nível de 5% de probabilidade.

A razão do óleo essencial de alfavaca apresentar uma melhor atividade no teste de sequestro de radicais DPPH, semelhante ao BHT está diretamente relacionada com o constituinte químico presente no seu óleo a elimicina (83,43%), um fenilpropanóide que apresenta uma estrutura que doa elétrons, e por compreender uma porcentagem significativa deste composto em seu óleo. Da mesma forma os óleos essenciais de orégano e manjeriçã também possuem constituintes com essa capacidade. O carvacrol constituinte do óleo de orégano pode doar o hidrogênio da hidroxila também. Os óleos essenciais de hortelã e sálvia apresentaram baixa atividade antioxidante por não apresentarem constituintes com essa capacidade doadora de elétrons e prótons.

De acordo com Teixeira et al. (2014), a reatividade de constituintes de óleos essenciais em reações de estabilização de radicais por doação de elétrons ou átomo de hidrogênio segue a seguinte ordem: fenilpropanóides, terpenóides com características fenólicas, álcoois e terpenos (mono e sesquiterpenos hidrocarbonetos).

Os óleos essenciais apresentaram de moderada a baixa atividade para o teste de DPPH em razão dos seus constituintes químicos majoritários conterem poucos compostos com estruturas fenólicas e doadoras de hidrogênio (Figura 14).

Figura 14: Reação de estabilização de radicais DPPH por doação de átomos de hidrogênio



Fonte: Adaptado de Ferreira (2018)

De acordo com Amorati et al (2013), deve-se ter um cuidado ao falar que a propriedade antioxidante dos óleos essenciais é simplesmente a de um componente característico, porém, a consideração de sua composição pode permitir uma previsão aproximada do potencial antioxidante: bom comportamento antioxidante pode ser esperado de óleos essenciais com um grande conteúdo em fenólicos e um conteúdo modesto em terpenos insaturados; proteção ainda maior pode ocorrer quando o óleo contém grandes quantidades de monoterpênicos fenólicos e boas quantidades de componentes do tipo ciclohexadieno (por exemplo, γ -terpineno). Óleos com pouco ou nenhum conteúdo em componentes fenólicos e do tipo ciclohexadieno provavelmente oferecem pouca ou nenhuma proteção quando misturados com gorduras comestíveis.

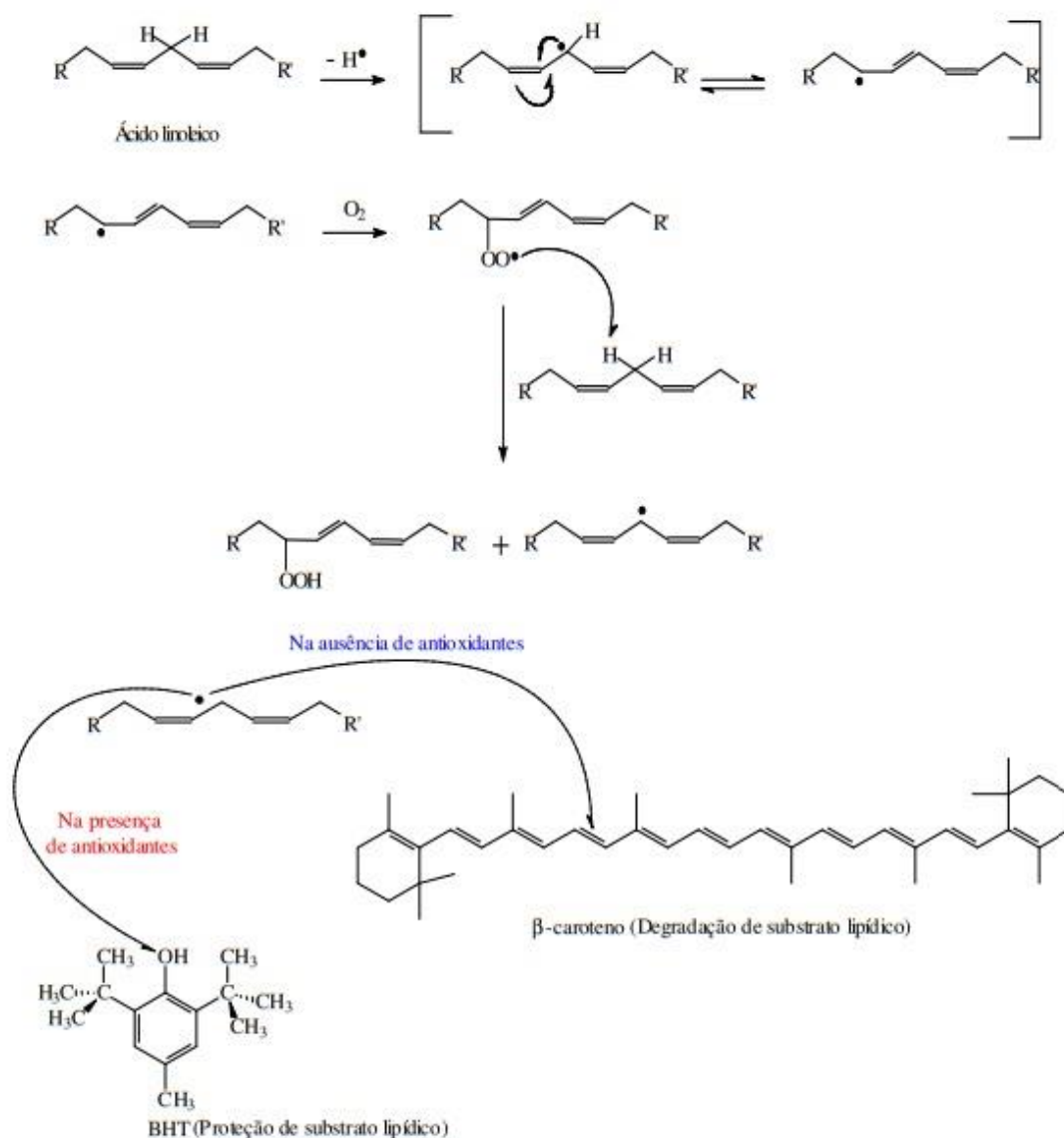
Observando os resultados e comparando o teste de β -caroteno com o de DPPH neste experimento, é notório uma melhor atividade no teste de β -caroteno, resultados que corroboram com os encontrados por Andrade et al. (2013), Ferreira et al. (2019), Miranda et al. (2016).

De acordo com Ferreira et al. (2019), embora os compostos fenólicos apresentem uma potente ação antioxidante com o teste de branqueamento β -caroteno, ainda não há um esclarecimento com relação ao seu mecanismo *in vivo*. Sabe-se que também há antioxidantes que podem atuar como interruptores de cadeia na iniciação e propagação de reações oxidativas, protegendo substratos lipídicos, sendo eles denominados de antioxidantes indiretos.

No mecanismo proposto por Ferreira (2018), temos uma peroxidação lipídica onde é possível observar uma reação de iniciação pela perda de elétrons na forma de H

por ação de luz, calor e/ou oxigênio molecular, bem como o processo de propagação de cadeia. A alta reatividade dos radicais gerados na iniciação faz com que haja rápida deterioração de substratos lipídicos, como o β -caroteno (Figura 15). No entanto, é possível observar, tanto na figura como nos resultados, que a presença de um antioxidante desvia o mecanismo da reação, no sentido de proteger e prolongar a vida útil do substrato. Os óleos de sálvia e hortelã em estudo apresentaram essas características.

Figura 15: Mecanismo antioxidante do teste de branqueamento β -caroteno



Fonte: Ferreira (2018)

5 Conclusão

O óleo essencial de alecrim apresentou um rendimento de 1,17% em base livre de umidade, seguido pelo óleo de hortelã (0,98%), sálvia (0,88%), orégano (0,87%), manjerição (0,50%) e por último a alfavaca com rendimento de (0,37%). Os constituintes majoritários encontrados para o óleos essenciais foram elimicina (alfavaca), eucaliptol e cânfora (alecrim), cânfora e canfeno (sálvia), carvona e pulegona (hortelã), hidrato de trans-sabineno, terpinen-4-ol e carvacrol (orégano) e estragol (manjerição).

A comparação das atividades antioxidantes dos óleos essenciais pelos testes de sequestro de radicais DPPH e teste de branqueamento β -caroteno mostrou um comportamento antioxidante maior pelo teste de β -caroteno, sendo atribuído ao fato dos constituintes apresentarem compostos fenólicos. Sendo que para o teste de sequestro de radicais DPPH o óleo de alfavaca apresentou um comportamento semelhante ao BHT com um IC_{50} de $4,89 \mu\text{g ml}^{-1}$, seguido pelo óleo de alecrim, orégano e manjerição. E os óleos de hortelã e sálvia apresentaram uma concentração superior a $500 \mu\text{g ml}^{-1}$. Já para o teste de β -caroteno todos os óleos apresentaram um comportamento melhor que o antioxidante sintético BHT, em que os óleos de alecrim, alfavaca e sálvia apresentaram um comportamento semelhante com IC_{50} de 0,17; 0,38 e $0,48 \mu\text{g ml}^{-1}$, respectivamente, seguido pelos óleos de orégano, manjerição e hortelã que também apresentaram um comportamento semelhante.

6 Referências Bibliográficas

ABDELHALIM, A; HANRAHAN, J. Biologically active compounds from Lamiaceae family: Central nervous system effects. **Studies in Natural Products Chemistry**, v. 68, p. 255-315, 2021.

ADAMS, R. P. **Identification of essential oils componentes by gas chromatography/mass spectroscopy**. 4.1 ed. Carol Stream: Allured, 2017. 804p.

ALSARAF, S., HADI, Z., AKHTAR, M. J., KHAN, S. A. Chemical profiling, cytotoxic and antioxidant activity of volatile oil isolated from the mint (*Mentha spicata* L.) grown in Oman. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 34, p. 102034, 2021.

AMORATI, R; FOTI, M. C.; VALGIMIGLI, L. Antioxidant activity of essential oils. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 61, n. 46, p. 10835-10847, 2013.

ANDRADE, M. A. et al. Chemical composition and antioxidant activity of essential oils from *Cinnamodendron dinisii* Schwacke and *Siparuna guianensis* Aublet. **Antioxidants**, Basel, v. 2, n. 4, p. 384-397, nov., 2013.

ANDRADE, M. A. et al. Óleos Essenciais de *Cymbopogon nardus*, *Cinnamomum zeylanicum* *Zingiber officinale*: Composição, Atividades Antioxidante e Antibacteriana. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 2, p. 399-408, abr-jun, 2012.

BAKKALI, F. et al. **Biological effects of essential oils. Food and Chemical Toxicology**, Oxford, v. 46, n. 2, p. 446-475, Feb, 2008.

BEKUT, M., BRKIĆ, S., KLADAR, N., DRAGOVIĆ, G., GAVARIĆ, N., BOŽIN, B. Potential of selected Lamiaceae plants in anti (retro) viral therapy. **Pharmacological research**, v. 133, p. 301-314, 2018.

BIANCHI, M.L.P.; ANTUNES, L.M.G. Radicais livres e os principais antioxidantes da dieta. **Revista de Nutrição**, v.12, n.2, p.123-130, 1999.

BRANDÃO, R. M et al. Antifungal and antimycotoxigenic effect of the essential oil of *Eremanthus erythropappus* on three different *Aspergillus* species. **Flavour and Fragrance Journal**, v. 35, n. 5, p. 524-533, 2020.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Farmacopeia Brasileira**, Brasília, 5th ed.; n. 1, p. 198-199, 2010.

BRASIL. Ministério da Saúde e Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Monografia da espécie *Ocimum gratissimum* L. (alfavaca)**, p. 1-89, 2015.

- CALDAS, G. F. R. et al., Antiulcerogenic activity of the essential oil of *Hyptis martiusii* Benth. (Lamiaceae). **Journal of Ethnopharmacology**, Limerick, v. 137, n. 1, p. 886-892, Sept. 2011.
- CASALI, A. **Alfavaca ou manjeriço**. Sabor Básico, 2016. Disponível em: <<http://saborbasico.blogspot.com/2016/>>. Acesso em: 17 mar. 2022.
- CHRYSARGYRIS, A. et al. Antioxidant and antibacterial activities, mineral and essential oil composition of spearmint (*Mentha spicata* L.) affected by the potassium levels. **Industrial Crops and Products**. v. 103, p. 202- 212, Sep., 2017.
- CORRÊA, A. D.; BATISTA, R. S.; QUINTAS, L. E. M. **Plantas medicinais: do cultivo à terapêutica**. Petrópolis, Vozes, 2003. 190p.
- CRUZ, M. J. F.; BEZERRA, S. B. Obtenção do óleo essencial de *Ocimum gratissimum* L para desenvolvimento de cosmético de limpeza facial. **Revista Diálogos Acadêmicos**, Fortaleza, v.6, n. 2, 2017.
- DE FÁTIMA S. M. et al. Aromaterapia de *Rosmarinus officinalis* L. (Lamiaceae) em testes in vivo: revisão sistemática. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 9, p. e228996971-e228996971, 2020.
- DE OLIVEIRA, Aimê A. et al. Larvicidal, adulticidal and repellent activities against *Aedes aegypti* L. of two commonly used spices, *Origanum vulgare* L. and *Thymus vulgaris* L. **South African Journal of Botany**, v. 140, p. 17-24, 2021.
- DEWICK, P. M. **Medicinal natural products: a biosynthetic approach**. 3. Ed. Ottana: J. Wiley, 2008. 539 p.
- DIASS, K., BRAHMI, F., MOKHTARI, O., ABDELLAOUI, S., HAMMOUTI, B. Biological and pharmaceutical properties of essential oils of *Rosmarinus officinalis* L. and *Lavandula officinalis* L. **Materials Today: Proceedings**, v. 45, p. 7768-7773, 2021.
- DUARTE-ALMEIDA, J. M et al. Avaliação da atividade antioxidante utilizando o sistema β -caroteno/ácido linoléico e métodos de sequestro de radicais DPPH. **Ciências e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 2, p 446-452, abr/jun. 2006.
- DUDAREVA, N. et al. The nonmevalonate pathway supports both monoterpene and sesquiterpene formation in snapdragon flowers. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**. [S.I], v. 102, n. 3, p. 933-8, jan., 2005.
- ĐUROVIĆ, S., MICIĆ, D., PEZO, L., RADIĆ, D., BAZARNOVA, J. G., SMYATSKAYA, Y. A., BLAGOJEVIĆ, S. The effect of various extraction techniques on the quality of sage (*Salvia officinalis* L.) essential oil, expressed by chemical

composition, thermal properties and biological activity. **Food Chemistry: X**, v. 13, p. 100213, 2022.

EL ASBAHANI, A. et al. Essential oils: from extraction to encapsulation. **International Journal of Pharmaceutics**, v. 483, n. 1, p. 220-243, 2015.

EL KHARRAF, S., EL-GUENDOZ, S., FARAH, A., BENNANI, B., MATEUS, M. C., MIGUEL, M. G. Hydrodistillation and simultaneous hydrodistillation-steam distillation of *Rosmarinus officinalis* and *Origanum compactum*: Antioxidant, anti-inflammatory, and antibacterial effect of the essential oils. **Industrial Crops and Products**, v. 168, p. 113591, 2021.

FARHAT, M. B et al. Phenophase effects on sage (*Salvia officinalis* L.) yield and composition of essential oil. **Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants**, v. 3, n. 3, p. 87-93, 2016.

FAVORITO, P. A. et al. Características produtivas do manjericão (*Ocimum basilicum* L.) em função do espaçamento entre plantas e entre linhas. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 13, especial, p. 582-586, 2011.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computerstatistic alanalysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p.1039-1042, 2011.

FERREIRA, V. R. F et al. Colorimetric, electroanalytical and theoretical evaluation of the antioxidant activity of *Syzygium aromaticum* L., *Origanum vulgare* L., *Mentha spicata* L. and *Eremanthus erythropappus* M. essential oils, and their major constituents. **New Journal of Chemistry**, v. 43, n. 20, p. 7653-7662, 2019.

FERREIRA, V. R. F. **Avaliação colorimétrica, eletroanalítica e teórica da atividade antioxidante de óleos essenciais e seus constituintes majoritários**. 2018 117 p. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2018.

GHORBANI, A; ESMAEILIZADEH, M. Pharmacological properties of *Salvia officinalis* and its components. **Journal of traditional and complementary medicine**, v. 7, n. 4, p. 433-440, 2017.

GIANNOULIS, K. D. et al. Irrigation and nitrogen application affect Greek oregano (*Origanum vulgare* ssp. *hirtum*) dry biomass, essential oil yield and composition. **Industrial Crops and Products**, v. 150, p. 112392, 2020.

GIATROPOULOS, A. et al. Chemical composition and assessment of larvicidal and repellent capacity of 14 Lamiaceae essential oils against *Aedes albopictus*. **Parasitology Research**, Berlin, v. 117, n. 6, p. 1953–1964, June 2018.

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.

GÖKÇE, Y. et al. Influence of purple basil (*Ocimum basilicum* L.) extract and essential oil on hyperlipidemia and oxidative stress in rats fed high-cholesterol diet. **Food Bioscience**, v. 43, p. 101228, 2021.

GRANDI, T. S. M. **Tratado das plantas medicinais mineiras, nativas e cultivadas. 1 ed. Dados eletrônicos**. Belo Horizonte: adaequatio estúdio, 2014. 1204 p.

JIANG, Yang et al. Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil of Rosemary. **Environmental toxicology and pharmacology**, v. 32, n. 1, p. 63-68, 2011.

JURIC, T et al. The evaluation of phenolic content, in vitro antioxidant and antibacterial activity of *Mentha piperita* extracts obtained by natural deep eutectic solvents. **Food Chemistry**, v. 362, p. 130226, 2021.

KHAN, M et al. The composition of the essential oil and aqueous distillate of *Origanum vulgare* L. growing in Saudi Arabia and evaluation of their antibacterial activity. **Arabian journal of chemistry**, v. 11, n. 8, p. 1189-1200, 2018.

KULISIC, T. et al. Use of different methods for testing activity of oregano essential oil. **Food Chemistry**, London, v. 85, n. 4, p. 633-640, May 2004.

KUMAR, A; LAL, R. K. The consequence of genotype× environment interaction on high essential oil yield and its composition in clove basil (*Ocimum gratissimum* L.). **Acta Ecologica Sinica**, 2021.

KUMAR, V et al. Antioxidant potential of essential oils from some Himalayan Asteraceae and Lamiaceae species. **Medicine in Drug Discovery**, v. 1, p. 100004, 2019.

KUSUMA, H. S; MAHFUD, M. Kinetic studies on extraction of essential oil from sandalwood (*Santalum album*) by microwave air-hydrodistillation method. **Alexandria Engineering Journal**, v. 57, n. 2, p. 1163-1172, 2018.

LI, X; TIAN, T. Phytochemical characterization of *Mentha spicata* L. under differential dried-conditions and associated nephrotoxicity screening of main compound with organ-on-a-chip. **Frontiers in pharmacology**, p. 1067, 2018.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas**. Nova Odessa, 2002. 300p.

MAHENDRAN, G; RAHMAN, L. Ethnomedicinal, phytochemical and pharmacological updates on Peppermint (*Mentha× piperita* L. A review. **Phytotherapy Research**, v. 34, n. 9, p. 2088-2139, 2020.

MILEVSKAYA, V. V. et al. Determination of phenolic compounds in medicinal plants from the lamiaceae family. **Journal of Analytical Chemistry**, New York, v. 72, n. 3, p. 342–348, Mar. 2017.

MILITÃO, F. L.; FURLAN, M. R. Alimento funcional através do uso de *Ocimum basilicum* L. (manjeriçao) como aromatizante e tempero. **Revista Acadêmica Oswaldo Cruz**, v.1, n. 4, p. 1-12, 2014.

MIRANDA, C. A. S. F. et al. Allelopathic activity of medicinal plant essential oils on seed germination and vigor of lettuce achenes. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 3, p. 1783-1798, 2015.

MIRANDA, C. A. S. F. et al. Correlação entre composição química e eficácia antioxidante de óleos essenciais de plantas condimentares por análise de agrupamentos hierárquicos (HCA). **Exacta**, v. 7, n. 1, p. 65-74, 2014.

MIRANDA, C. A. S. F. et al. Óleos essenciais de folhas de diversas espécies: propriedades antioxidantes e antibacterianas no crescimento espécies patogênicas. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 1, p. 213-220, jan-mar, 2016.

MORSHEDLOO, Mohammad Reza et al. Essential oil profile of oregano (*Origanum vulgare* L.) populations grown under similar soil and climate conditions. **Industrial Crops and Products**, v. 119, p. 183-190, 2018.

NASCIMENTO, P. F. C et al. Antimicrobial activity of the essentials oils: a multifactor approach of the methods. **Rev. Bras. Farmacogn.**, João Pessoa, v. 17, n. 1, p. 108-113, 2007.

NAZEM, V., SABZALIAN, M. R., SAEIDI, G., RAHIMMALEK, M. Essential oil yield and composition and secondary metabolites in self-and open-pollinated populations of mint (*Mentha* spp.). **Industrial Crops and Products**, v. 130, p. 332-340, 2019.

OLIVEIRA, C. **Bem estar**, 2017. Disponível em: < <https://wsimag.com/pt/bem-estar/26679-alecrim>>. Acesso em: 16 mar. 2022.

OLIVEIRA, C. M. **Caracterização química, atividade antibacteriana, antitumoral e ensaios antioxidantes do óleo essencial** das folhas e flores de *Callistemon viminalis*. 2015. 111 p. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.

OLIVEIRA, L. B. S et al. Atividade antifúngica e possível mecanismo de ação do óleo essencial de folhas de *Ocimum gratissimum* (Linn.) sobre espécies de *Candida*. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Campinas, v. 18, n. 2, p. 511-523, 2016.

- PIMENTEL, F.A. et al. A convenient method for the determination of moisture in aromatic plants. **Química Nova**, São Paulo, v. 29, n. 2, p. 373-375, jan. 2006.
- POVH, J. A.; ONO, E.O. Crescimento de plantas de *Salvia officinalis* sob ação de reguladores de crescimento vegetal. **Ciênc. Rural**, v. 38, n. 8, 2008.
- RADIVOJAC, A et al. Conventional versus microwave-assisted hydrodistillation of sage herbal dust: Kinetics modeling and physico-chemical properties of essential oil. **Food and Bioproducts Processing**, v. 123, p. 90-101, 2020.
- REIS, M. Chá de sálvia: para que serve e como tomar. Tua saúde, 2020. Disponível em: <<https://www.tuasaude.com/salvia/>>. Acesso em: 05 mai. 2022.
- ROSADO, L. D et al. Influência do processamento da folha e tipo de secagem no teor e composição química do óleo essencial de manjeriço cv. Maria Bonita. **Ciência e agrotecnologia**. Lavras, v. 35, n. 2, p. 291-296, mar./abr., 2011.
- RUBERTO, G.; BARATTA, M. T. Antioxidant activity of selected essential oil components in two lipid model systems. **Food Chemistry**, v.69, p.167-174, 2000.
- SANTOS, F. A. V. et al. Antibacterial activity of *Plectranthus amboinicus* Lour (Lamiaceae) essential oil against *Streptococcus mutans*. **European Journal of Integrative Medicine**, Oxford, n. 8, p. 293, nov. 2015.
- SHAHBAZI, Y. Chemical composition and in vitro antibacterial activity of *Mentha spicata* essential oil against common food-borne pathogenic bacteria. **Journal of pathogens**, v. 2015, p. 1-5, 2015.
- SHAHSAVARPOUR, M., et al. Extraction of essential oils from *Mentha spicata* L. (Labiatae) via optimized supercritical carbon dioxide process. **The Journal of Supercritical Fluids**. [S. I], v. 130, p. 253–260, feb, 2017.
- SHAHSAVARPOUR, M., et al. Extraction of essential oils from *Mentha spicata* L. (Labiatae) via optimized supercritical carbon dioxide process. **The Journal of Supercritical Fluids**. [S. I], v. 130, p. 253–260, Feb, 2017.
- SIGRIST, S. **Hortelã**. Portal de Plantas Mediciniais, Aromáticas e Condimentares, 2013. Disponível em: <<https://www.ppmac.org/content/hortela-de-folha-miuda>>. Acesso em: 16 mar. 2022.
- SIGRIST, S. **Orégano**. Portal de Plantas Mediciniais, Aromáticas e Condimentares, 2015. Disponível em: <<https://www.ppmac.org/content/oregano>>. Acesso em: 16 mar. 2022.

SIMÕES, C. M. O et al. **Farmacognosia**. Porto Alegre: Artmed, 2017. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788582713655/> . Acesso em: 10 mar. 2022.

SPADI, A et al. Using a Plackett–Burman design to maximise yield of rosemary essential oil by distillation. **Industrial Crops and Products**, v. 166, p. 113488, 2021.

SUNTRES, Z. E.; COCCIMIGLIO, J; ALIPOUR, M. The bioactivity and toxicological actions of carvacrol. **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 55, n. 3, p. 304-318, 2015.

TAFRIHI, M et al. The wonderful activities of the genus *Mentha*: Not only antioxidant properties. **Molecules**, v. 26, n. 4, p. 1118, 2021.

TEIXEIRA, M. L. et al. Essential Oils from *Lippia origanoides* Kunth. and *Mentha spicata* L.: Chemical Composition, Insecticidal and Antioxidant Activities. **American Journal of Plant Sciences**. v. 5, n. 9, p. 1181, Apr., 2014.

TEIXEIRA, M. L. **Óleos Essenciais de *Lippia origanoide* Kunth. E *Mentha spicata* L.: Composição Química, Potencialidades Biológicas e Caracterização das estruturas secretoras**. 2013. 126 p. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

UPADHYAY, S., BISHT, K., BAHUKHANDI, A., BISHT, M., MEHTA, P., BISHT, A. *Rosmarinus officinalis* L. In: **Naturally Occurring Chemicals Against Alzheimer's Disease**. Academic Press, 2021. p. 271-281.

VAN DEN DOOL, H.; KRATZ, P. Dec. A generalization of the retention index system including linear temperature programmed gas—liquid partition chromatography. **Journal of Chromatography A**, v. 11, p. 463-471, 1963.

VOLPE, Verónica et al. Octyl p-methoxycinnamate loaded microemulsion based on *Ocimum basilicum* essential oil. Characterization and analytical studies for potential cosmetic applications. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, v. 546, p. 285-292, 2018.

XYLIA, P., FASKO, K. G., CHRYSARGYRIS, A., TZORTZAKIS, N. Heat treatment, sodium carbonate, ascorbic acid and rosemary essential oil application for the preservation of fresh *Rosmarinus officinalis* quality. **Postharvest Biology and Technology**, v. 187, p. 111868, 2022.