



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE E AMBIENTE

KÊNIA VICTÓRIA PEREIRA ABDALA

**AVALIAÇÃO DO PERFIL ANTIFÚNGICO E CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA
DE HIDROLATOS DAS FOLHAS DE *Rosmarinus officinalis*, *Origanum vulgare*,
Psidium guajava L. e *Ocimum basilicum* L.**

SÃO LUÍS - MA
2025

KÊNIA VICTÓRIA PEREIRA ABDALA

**AVALIAÇÃO DO PERFIL ANTIFÚNGICO E CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA
DE HIDROLATOS DAS FOLHAS DE *Rosmarinus officinalis*, *Origanum vulgare*,
Psidium guajava L. e *Ocimum basilicum* L.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Saúde e Ambiente da Universidade Federal do Maranhão, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Saúde e Ambiente.

Linha de Pesquisa: Qualidade Ambiental e Sustentabilidade

Orientador(a): Prof.(a) Dra. Adenilde Nascimento Mouchrek

**SÃO LUÍS - MA
2025**

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Abdala, Kênia Victória Pereira.

AVALIAÇÃO DO PERFIL ANTIFÚNGICO E
CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DE HIDROLATOS DAS
FOLHAS DE *Rosmarinus officinalis*, *Origanum vulgare*, *Psidium*
guajava L. e *Ocimum basilicum* L. / Kênia Victória Pereira Abdala. -
2025.

57 f.

Coorientador(a) 1: Israel Viegas Moreira. Orientador(a): Adenilde
Nascimento Mouchrek. Dissertação (Mestrado) - Programa de
Pós-graduação em
Saúde e Ambiente/ccbs, Universidade Federal do Maranhão, São
Luís, 2025.

KÊNIA VICTÓRIA PEREIRA ABDALA

**AVALIAÇÃO DO PERFIL ANTIFÚNGICO E CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA
DE HIDROLATOS DAS FOLHAS DE *Rosmarinus officinalis*, *Origanum vulgare*,
Psidium guajava L. e *Ocimum basilicum* L.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Saúde e Ambiente da Universidade Federal do Maranhão, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Saúde e Ambiente.

Linha de Pesquisa: Qualidade Ambiental e Sustentabilidade

Aprovada em ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Adenilde Nascimento Mouchrek – Orientadora
Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

Profa. Dra. Ana Hélia de Lima Sardinha – (1ª Examinadora)
Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

Profa. Dra. Mayara Cristina Pinto da Silva (2ª Examinadora)
Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

Profa. Dr. Silvio Carvalho Marinho – (3º Examinador)
Faculdade Santa Terezinha (CEST)

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho ao Meu DEUS, SENHOR e SALVADOR JESUS CRISTO, Aquele a quem aguardo com anseio e a razão da minha existência. É indescritível a beleza de pertencer a Ele. Com um simples vislumbre de Sua essência, meu coração foi completamente cativado, iniciando uma jornada irreversível de maravilhosas consequências eternas. Uma das verdades mais fascinantes para mim é que, ainda que jamais fosse valorizada por ninguém neste mundo, meu valor diante dos Seus Olhos permaneceria imensurável. E a realidade é que nenhuma experiência – nem mesmo esta conquista que agora celebro – pode se comparar ao privilégio de viver em Sua presença. Quando reflito sobre todos os meus sonhos e aspirações, percebo que, ao realizá-los, nada realmente se deslocará, pois tudo continuará pequeno diante da grandiosidade do Seu amor. Por isso, escolho fazer dELE minha maior ambição, pois sei que, com CRISTO, o verdadeiro sucesso é garantido. E, aliás, sem CRISTO, não haveria células, nem moléculas, nem átomos, não existiria nada, muito menos tantos fenômenos que tornam o estudo da química uma experiência divertida.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente ao Meu DEUS, SENHOR e SALVADOR JESUS CRISTO, que através do ESPÍRITO SANTO, estar comigo em todos os momentos de minha vida e em mim, sou grata por me sustentar, me proteger, me consolar, por me dar forças e sempre me fazer vencer, por Seu amor incondicional por mim, por tudo!

À minha mãe Eliuza Abdala pelo amor, cuidado e apoio em toda minha caminhada, ao meu pai Victoriano Abdala (in memoriam) por ter sido tão amável, paciente e carinhoso comigo, são meus amores eternos. À minha avó Ercília por ser uma mulher tão linda e honrosa, de oração, de fé e ter me apresentado ao Nosso Senhor e Salvador Eterno, JESUS CRISTO. Ao meu avô Ernesto (in memoriam) também pelas orações que sei que DEUS tem ouvido. À minha sobrinha Agnes ela é um presente de DEUS, ela é sinônimo de alegria, eu a amo muito. E a todos meus familiares aqui representados.

À Professora Adenilde Mouchrek, por toda compreensão e oportunidade de estar sob sua orientação, por sua paciência e ser uma pessoa empática e generosa, tem minha admiração e minha consideração desde a minha graduação.

À Universidade Federal do Maranhão e ao Programa de Pós-Graduação Saúde e Ambiente pela oportunidade de continuar a jornada acadêmica e compromisso com a educação e pesquisa.

À Professora Maria do Desterro Brandão minha gratidão, que acreditou em minha capacidade, estendeu-me a mão com apoio nas pesquisas, tem meu apreço tanto como mulher na ciência quanto como mulher humana e humilde. À Kátia Borges que foi instrumento de DEUS me fazendo ser mais frutífera na pesquisa química. Ao Professor Walbert pelos conselhos e sua calma que traz acalento.

Aos meus amigos e companheiros de laboratório Israel Viegas e Rita Alves, é um imenso privilégio para mim, tê-los na minha história, muito obrigada mesmo, por toda ajuda neste trabalho e na minha jornada profissional, vocês são excepcionais. À amiga Edna Maria que é muito preciosa e calorosa, ela tem sido um amparo para mim.

Aos amigos químicos: Daniel Albuquerque e Isael Costa e as amigas do mestrado: Janaíne Viana, Fabiana Prazeres, Conceição Madeira, Rosália Martins e Luma Bulhão. Às minhas irmãs em CRISTO, Eretusa de Oliveira, Roseana Ribeiro, Raimunda Coelho, Meryane Coelho, Anílsia Pontes, Karine Vieira, Suzana Tavares e Plicya Bezerra, que caminham comigo sempre uma milha a mais.

LISTA DE FIGURAS

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Figura 1: Fórmula estrutural de terpenos.	13
Figura 2: Fórmula estrutural de terpenóides.	14
Figura 3: Benefícios dos terpenos e terpenóides.	14

CAPÍTULO 1: ARTIGO DE REVISÃO SISTEMÁTICA

Figura 1: Fluxograma PRISMA mostrando a seleção dos estudos para esta revisão sistemática.	29
--	----

CAPÍTULO 2: ARTIGO EXPERIMENTAL

Figura 1: Visão macroscópica (anverso e verso) e microscópica de <i>Aspergillus niger</i> . 39	
Figura 2: Processo de germinação do <i>Aspergillus niger</i>	40
Figura 3: Visão macroscópica e microscópica da <i>Candida albicans</i>	40
Figura 4: Formação de biofilme – mecanismo de resistência à antifúngicos da <i>Candida albicans</i>	41
Figura 5: 1- <i>Rosmarinus officinalis</i> ; 2- <i>Origanum vulgare</i> ; 3- <i>Psidium guajava</i> L.; 4- <i>Ocimum basilicum</i> L.	42
Figura 6: Produção de Hidrolato por hidrodestilação	42
Figura 7: Cultivo de <i>Aspergillus niger</i> em placa de antifungigrama.	43
Figura 8: Padronização da suspensão de leveduras.....	44
Figura 9: Disposição dos discos/poços nas placas.....	45
Figura 10: Imagem do teste de difusão em discos: <i>Aspergillus niger</i> IOC 207 e anemófilo.....	47
Figura 11: Imagem do teste de difusão em discos: <i>Candida albicans</i> ATCC 14053 e clínica	48
Figura 12: Imagem do teste de difusão em poços: <i>Aspergillus niger</i> IOC 207 e anemófilo.....	49
Figura 13: Imagem do teste de difusão em poços: <i>Candida albicans</i> ATCC 14053 e clínica.	50
Figura 14: Cromatograma do Hidrolato do HdA.	51
Figura 15: Cromatograma do HdO.....	52
Figura 16: Cromatograma do HdG.....	53
Figura 17: Cromatograma do HdM.....	53

LISTA DE QUADROS

I. CAPÍTULO 1 – ARTIGO DE REVISÃO SISTEMÁTICA

Quadro 1: Estrutura da questão de revisão segundo o modelo PICOTS 27

Quadro 2: Resumo dos estudos incluídos 30

II. CAPÍTULO 2 - ARTIGO EXPERIMENTAL

Quadro 1: Resultados do Teste de difusão em discos – halo de inibição em milímetro do Clotrimazol (Ctr), Hidrolatos e Branco(Br) frente às estirpes de fungos filamentosos e leveduras. 48

Quadro 2: Resultados do Teste de difusão em poços - halo de inibição em milímetro do Clotrimazol(Cl), Hidrolatos, e Branco(Br) frente às estirpes de fungos filamentosos e leveduras..... 50

Quadro 3: Principais Componentes Químicos identificados no HdA..... 51

Quadro 4: Principais Componentes Químicos identificados no HdO..... 52

Quadro 5: Principais Componentes Químicos identificados no HdG..... 53

Quadro 6: Principais Componentes Químicos identificados no HdM 54

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ATCC	American Type Culture Collection
B.O.D	Demanda Bioquímica de Oxigênio
Br	Branco
CCBS	Centro de Ciências Biológicas e da Saúde
CHARMS	Critical Appraisal Skills Programme
Ctr	Clotrimazol
CG-MS	Cromatografia a Gás acoplada à Espectrometria de Massas
DEPAT	Departamento de Patologia
IOC	Instituto Oswaldo Cruz
HdA	Hidrolato de Alecrim (<i>Rosmarinus officinalis</i>)
HdO	Hidrolato de Orégano (<i>Origanum vulgare</i>)
HdG	Hidrolato de Goiabeira (<i>Psidium guajava</i> L.)
HdM	Hidrolato de Manjeriço (<i>Ocimum basilicum</i> L.)
NIBA	Núcleo de Imunologia Básica e Aplicada
NIST	National Institute of Standards and Technology
OE/OEs	Óleo Essencial/ Óleos Essenciais
PDA	Ágar Dextrose Batata
PICOTS	População, Intervenção, Comparador, Desfecho, Tempo e Contexto
PRISMA	Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses
SisGen	Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético
UFC/mL	Unidade Formadora de Colônia por mililitro
UFMA	Universidade Federal do Maranhão
UV-Vis	Ultravioleta-Visível

SUMÁRIO

CONSIDERAÇÕES INICIAIS	11
I. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	12
Óleos Essenciais	12
Hidrolatos.....	15
Plantas pesquisadas.....	16
Fungos pesquisados.....	18
Referências	20
II. OBJETIVOS	233
Objetivo Geral:	233
Objetivos Específicos	23
III. CAPÍTULO 1.....	24
1. Introdução	25
2. Metodologia	27
2.1 Estratégia de Busca	28
2.2 Critérios de Elegibilidade	28
2.3 Seleção dos Estudos.....	28
2.4 Extração e Análise dos Dados	28
2.5 Síntese dos dados.....	29
3. Resultados e Discussão	29
4. Conclusão	33
Referências	34
IV. CAPÍTULO 2	36
1. Introdução	38
2. Metodologia	41
2.1 Obtenção das Amostras dos Vegetais	41
2.2 Extração dos Hidrolatos.....	42
2.3 Aquisição dos Fungos	43
2.4 Teste de sensibilidade antifúngica por difusão em disco	43
2.4.1 Cepas dos filamentosos	43
2.4.2 Cepas das leveduras.....	44
2.5 Teste de sensibilidade antifúngica por difusão em poço.....	45
2.5.1 Cepas dos filamentosos	45
2.5.2 Cepas das leveduras.....	45

2.6 Caracterização Química dos Hidrolatos.....	46
3. Resultados e Discussão	47
4. Conclusão	54
CONSIDERAÇÕES FINAIS	55
Referências	56

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Este documento é estruturado da seguinte forma: I.Considerações Iniciais, II.Fundamentação Teórica, III.Objetivos, IV.Capítulo 1, V.Capítulo 2, VI.Considerações Finais e Anexo.

No Capítulo 1, tem-se o primeiro artigo, que é um Artigo de Revisão, intitulado “ATIVIDADE ANTIFÚNGICA DE HIDROLATOS DE PLANTAS MEDICINAIS: O Estado da Arte em uma Revisão Sistemática”. Este artigo consiste numa revisão sistemática utilizando a Técnica de Prisma.

No Capítulo 2, tem-se o segundo artigo, que é um Artigo Experimental, intitulado “AVALIAÇÃO DO PERFIL ANTIFÚNGICO E CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DE HIDROLATOS DAS FOLHAS DE *Rosmarinus officinalis*, *Origanum vulgare*, *Psidium guajava* L. e *Ocimum basilicum* L.”. Neste artigo foi realizado análise antifúngica de hidrolatos das folhas de quatro plantas a partir de duas técnicas de difusão, frente às cepas de fungos filamentosos e leveduras.

I. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O ecossistema brasileiro abriga uma vasta diversidade de plantas utilizadas na naturopatia, uma especialidade médica que se baseia no uso de plantas medicinais para promover a saúde e o bem-estar. Diante disso, pesquisadores têm se dedicado ao desenvolvimento de novas substâncias capazes de combater esses microrganismos de forma eficaz (Queiroz et al. 2023).

Óleos Essenciais

De acordo com Marino et al. (2020) os óleos essenciais (OEs) têm uma função crucial na defesa das plantas contra microrganismos e insetos em seu ambiente natural. Além disso, esses compostos naturais são extremamente valiosos e são amplamente empregados em diversas indústrias, como a farmacêutica, alimentícia e cosmética. A composição química dos óleos essenciais pode variar devido a múltiplos fatores, incluindo a espécie e o cultivar, assim como as condições geográficas, climáticas, práticas de cultivo e o armazenamento das matérias-primas. Dessa maneira, até mesmo plantas selvagens da mesma espécie podem apresentar diferenças significativas em suas características e composições químicas, conforme sua origem.

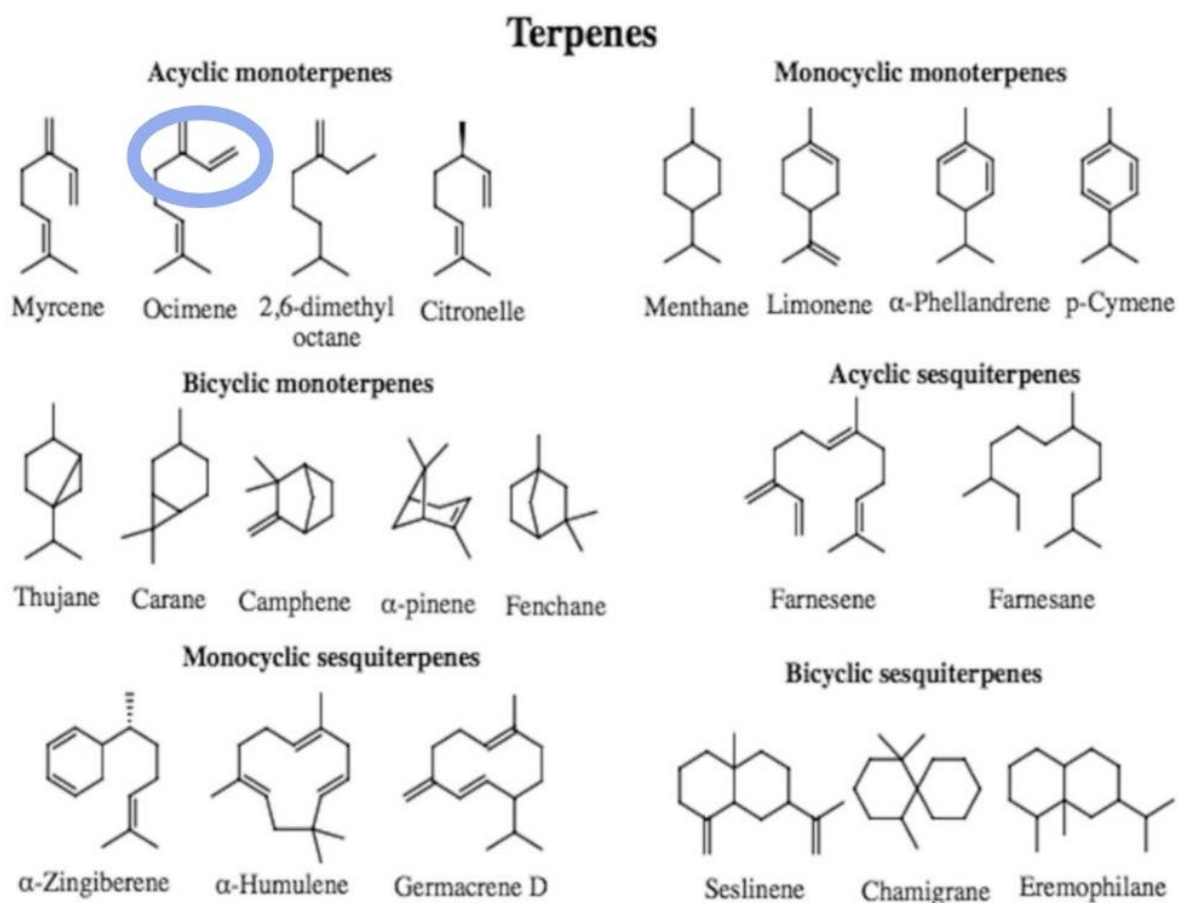
Nascimento e Prade (2020) definem os OEs como substâncias voláteis e não gordurosas, resultantes do metabolismo secundário das plantas. Sua classificação baseia-se na estrutura molecular, abrangendo monoterpenos, sesquiterpenos, álcoois, aldeídos, ésteres, fenóis, éteres, óxidos, peróxidos, furanos, lactonas e ácidos, ou seja, sua composição inclui compostos aromáticos voláteis, como terpenos e seus derivados, que desempenham um papel fundamental em suas propriedades medicinais. Além disso, são organizados em grupos funcionais conforme sua atividade bioquímica.

Magalhães et al. (2023) afirmam que quando extraídos de forma adequada, esses compostos são classificados como aromatizantes naturais e podem ser utilizados em alimentos e embalagens, contribuindo para a ampliação da vida útil de diversos produtos. Possuem propriedades antifúngicas, antiparasitárias, antibacterianas e antivirais, antioxidante e anti-inflamatória, além de apresentarem potencial efeito anticancerígeno. Os OEs têm sido amplamente estudados nos últimos anos para grandes áreas como a alimentar e medicinal. Podem ser obtidos a partir de diferentes partes da planta, como flores, botões, folhas, ramos, cascas, sementes, frutos, raízes e rizomas (Queiroz et al., 2023).

Esses compostos ativos são amplamente reconhecidos também pelas indústrias de fabricação de inseticidas, tintas, cosméticos e perfumes (Nascimento e Prade, 2020). Vale ressaltar que mesmo bastante relevante e promissores os resultados em nível laboratorial, é fundamental realizar um estudo de viabilidade técnico-econômica para avaliar a relação custo-benefício da produção e aplicação dos OEs em escala industrial. Esse estudo deve levar em conta fatores como infraestrutura, disponibilidade de matéria-prima, custos operacionais e outros aspectos que impactam a viabilidade do processo (Magalhães, 2023).

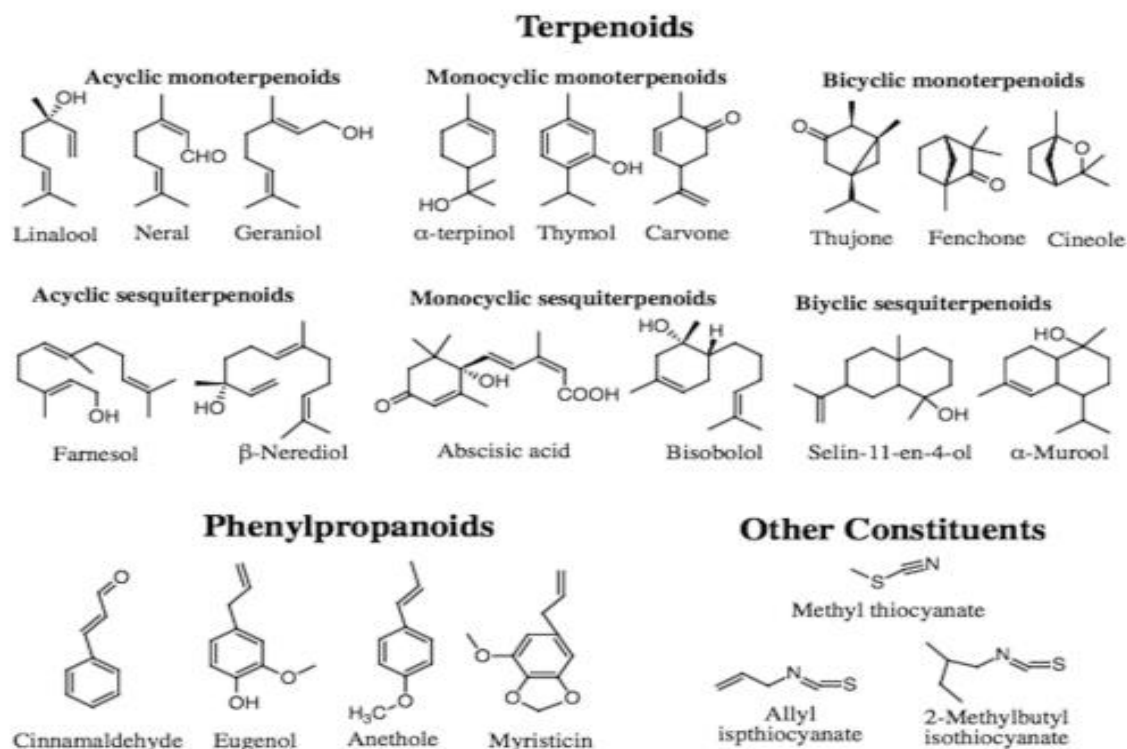
De acordo com Masyita *et al.* (2022) os terpenos, por exemplo, monoterpenos e sesquiterpenos (figura 1) e os seus derivados oxigenados como os terpenóides, fenilpropanóides e isotiocianatos (figura 2), constituem-se em grande parte dos OEs.

Figura 1: Fórmula estrutural de terpenos.



Fonte: Masyita *et al.*, adaptado (2022).

Figura 2: Fórmula estrutural de terpenóides, fenilpropanóides e isotiocianatos.

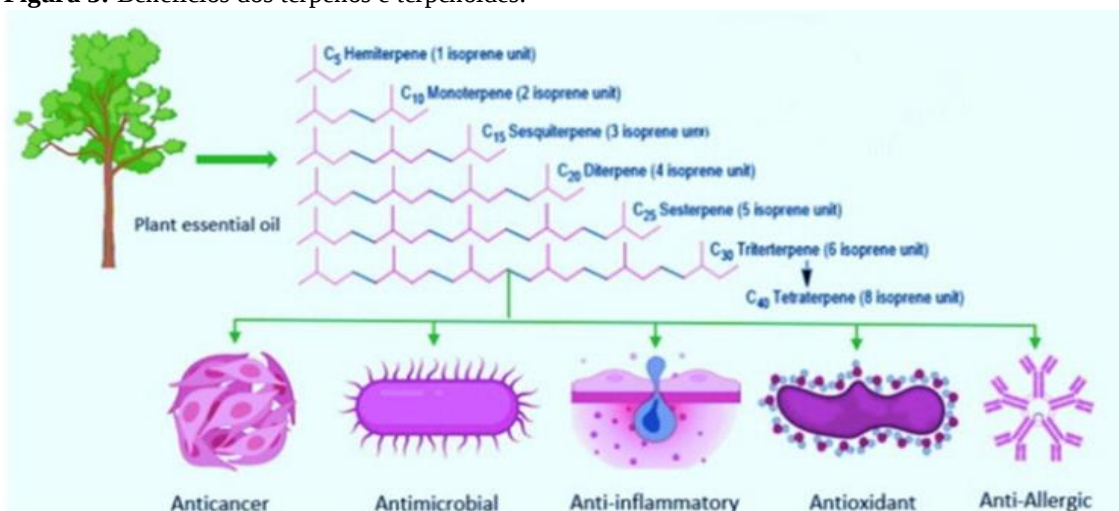


Fonte: Masyita *et al.*, adaptado (2022).

A concentração dessas substâncias pode variar, sendo que algumas delas chegam a representar até 70% da composição total do óleo, o que as torna componentes-chave responsáveis pelas propriedades biológicas associadas aos OE (Barros *et al.*, 2023). Assim consequentemente além de água, os hidrolatos, que são subprodutos dos OEs, possuem aquelas substâncias mas em quantidades proporcionalmente menores.

Segundo Masyita *et al.*, (2022) os terpenos e terpenóides têm sido amplamente investigados e reconhecidos por exercerem papéis essenciais na promoção da saúde humana (figura 3).

Figura 3: Benefícios dos terpenos e terpenóides.



Fonte: Masyita *et al.*, adaptado (2022).

Oliveira *et al.* (2023) afirma que esses ingredientes naturais apresentam elevada capacidade antioxidante e potente atividade antimicrobiana, que agregam essas propriedades aos OEs e os extratos naturais. Drawanz *et al.* (2020) enfatiza que devido a essas propriedades naturais, essas substâncias têm despertado grande interesse em diversas áreas, incluindo a farmacêutica, cosmética, alimentícia e agrícola, sendo exploradas em uma ampla variedade de aplicações.

Hidrolatos

Os hidrolatos consistem em misturas complexas que contêm vestígios de óleos essenciais relacionados, além de diversos componentes solúveis em água. Eles são simples e econômicos de produzir e apresentam menor toxicidade em comparação com seus óleos essenciais correspondentes (Marino *et al.*, 2020). São frequentemente chamados de águas florais, águas destiladas ou aromáticas, obtidos pelo mesmo processo de destilação a vapor utilizado na extração de óleos essenciais. Sua relevância segue em expansão, principalmente no âmbito da aromaterapia (Šilha *et al.*, 2020).

Os hidrolatos foram considerados por muito tempo apenas como um "subproduto" da destilação dos óleos essenciais, mas recentemente essa percepção começou a mudar. Também conhecido como água floral ou hidrossol, o hidrolato é uma água que contém as moléculas hidrofílicas das plantas (ou seja, as moléculas que têm afinidade com a água) e uma pequena porcentagem de óleo essencial. Devido à sua ação mais sutil, também são chamados de “homeopatia da aromaterapia” (Rocha, 2021).

Pastro (2021) informou que devido às suas baixas concentrações de princípios ativos, os hidrolatos são considerados ótimas alternativas aos óleos essenciais, oferecendo mais segurança, especialmente para crianças, pessoas debilitadas e animais domésticos. Outro ponto importante é a sustentabilidade, por exemplo, a hidrodestilação de 100 kg de *Lavandula angustifolia* resulta em cerca de 0,76 litros de óleo essencial e 15 litros de hidrolato. Dessa forma, os hidrolatos podem possuir propriedades hidratantes, refrescantes, tônicas, antissépticas, entre outras. Por não serem tão concentrados como os óleos essenciais, podem ser utilizados diretamente na pele e são muito seguros para bebês e crianças. Devido à sua segurança, rentabilidade e sustentabilidade, o uso de hidrolatos é frequentemente considerado a aromaterapia do futuro e há evidências que sugerem que esses compostos possuem propriedades antimicrobianas (Marino *et al.*, 2020).

Plantas Pesquisadas

Rosmarinus officinalis

Rosmarinus officinalis conhecido como alecrim pertence à família *Lamiaceae* e é um arbusto perene, caracterizado por sua natureza sempre verde e seu aroma marcante. A planta apresenta pequenas flores bilabiadas em variadas tonalidades, como azul ou roxo, e pode alcançar até 1,5 metro de altura (Thiel e Ehrhardt, 2021). É uma espécie de planta lenhosa perene originária da região do Mediterrâneo. Suas folhas são amplamente utilizadas como condimento culinário e para fins medicinais, responsáveis pela liberação do odor característico, são estreitas, de coloração verde e podem atingir até 4cm de comprimento (Thiel e Ehrhardt, 2021). Atualmente, essa espécie pode ser encontrada e cultivada em diversos continentes, sendo valorizada como planta ornamental e aromática. Por se desenvolver melhor em climas secos e ensolarados, essas condições influenciam diretamente a qualidade e o rendimento do óleo essencial extraído da planta. Além disso, o alecrim é tradicionalmente empregada por populações indígenas, onde cresce naturalmente, sendo apreciada pelo seu aroma característico e utilizada na culinária local (Medeiros et al., 2020).

O óleo de alecrim apresenta propriedades estimulantes e antiespasmódicas, sendo seu óleo essencial amplamente utilizado como estimulante, inseticida e desodorante bucal (Cerri e Esmerino, 2022).

Origanum vulgare

Origanum vulgare, conhecido popularmente como orégano, pertence à família *Lamiaceae* e tem sua origem na região do Mediterrâneo (Queiroz, 2023).

Na medicina tradicional, *Origanum vulgare* tem sido utilizado no tratamento de distúrbios respiratórios, dores estomacais, menstruação dolorosa, artrite reumatoide, além de atuar como analgésico e auxiliar em distúrbios nutricionais. Também é empregado como diurético e antiurolítico para problemas urinários (Soltani et al., 2021).

O óleo essencial de orégano tem recebido crescente atenção nos últimos anos devido aos seus notáveis efeitos antioxidantes, anti-inflamatórios e antimicrobianos. Embora sua atividade anticandida seja bem reconhecida, ainda não há relatos sobre seu potencial para inibir padrões de virulência em *Candida albicans* e outras espécies não-*albicans* (Cid-Chevecich et al., 2022).

***Psidium guajava* L.**

Psidium guajava L. também conhecido como goiabeira é um arbusto nativo das Américas que se desenvolve em ambientes tropicais ao redor do mundo. Quando atinge a maturidade, pode chegar a até 7 metros de altura e apresentar um tronco com até 25 cm de diâmetro. Sua casca é lisa, fina e possui uma coloração marrom acobreada, enquanto suas folhas são verdes, perenes, coriáceas e apresentam pecíolos curtos. Essa planta pertence à família *Myrtaceae* e se caracteriza por suas flores brancas, compostas por 4 a 5 pétalas e numerosos estames. No entanto, sua maior importância econômica está relacionada ao seu fruto, a goiaba, uma baga suculenta repleta de sementes e com um sabor levemente ácido. A forma e a coloração da goiaba variam de acordo com a variedade, podendo apresentar tons que vão do amarelo ao rosa brilhante e formatos redondo, ovóide ou semelhante ao de uma pera (Gutierrez-Montiel et al., 2023).

Conforme Trindade et al. (2021), a espécie *Psidium guajava* L. tem se destacado amplamente devido à grande utilidade de seus frutos na produção de geleias e doces, além do emprego de suas folhas na medicina popular. Afirma-se que em pesquisas anteriores comprovaram que o extrato bruto das folhas de goiabeira possui eficácia no tratamento de diarreia, disenteria, doenças pulmonares e bronquite. Além disso, foram identificadas outras propriedades benéficas, atribuindo à espécie efeitos antiespasmódicos, antimicrobianos, anti-inflamatórios, anticonvulsivos, analgésicos, antidiabéticos, anti-hiperlipidêmicos e antioxidantes (Trindade et al., 2021).

Vale destacar que a variedade e a quantidade desses fitoquímicos podem sofrer variações conforme o microclima e as condições do solo do habitat, bem como em função do tecido da planta e das mudanças sazonais. As folhas desse arbusto são, sem dúvida, a parte mais estudada, principalmente devido ao seu uso frequente na medicina tradicional. Shabbir et al. (2020) identificaram uma maior concentração de compostos fenólicos nas folhas em comparação com as sementes e frutos da goiaba. Destacaram que as folhas são uma fonte rica de vitaminas e minerais, incluindo cálcio, potássio, sódio, magnésio, ferro, enxofre, além das vitaminas B e C.

***Ocimum basilicum* L.**

O manjerição (*Ocimum basilicum* L.) pertence à família *Lamiaceae*, sendo originário da Ásia tropical e introduzido no Brasil pelos colonizadores italianos. Trata-se de uma planta ramificada, que pode atingir entre 30 e 50 cm de altura, caracterizando-se como um subarbusto aromático, de ciclo anual ou perene. Seu cultivo ocorre tanto por

estaquia quanto por sementes, e suas folhas são simples, membranáceas e apresentam nervuras visíveis, popularmente, é conhecido por diversos nomes, incluindo alfavaca e erva-real (Francio, 2020). É uma das ervas aromáticas mais populares, sendo uma fonte rica em compostos bioativos. Amplamente utilizado para realçar o aroma e o sabor dos alimentos, suas folhas, tanto frescas quanto secas, são ingredientes essenciais em diversas tradições culinárias, sendo um tempero comum em sopas, pratos com tomate, molhos, massas, etc. Além de seu valor gastronômico, essa erva também apresenta propriedades que ajudam a prolongar a vida útil de produtos perecíveis ricos em nutrientes (Nadeem et al., 2022).

Fungos Pesquisados

O Reino Fungi é composto por três grupos distintos de fungos. Entre eles, os fungos filamentosos e leveduriformes são classificados como microscópicos, enquanto os cogumelos pertencem ao grupo dos fungos macroscópicos. A forma filamentosa é caracterizada por longos e ramificados filamentos chamados hifas, enquanto a forma leveduriforme é composta por células individuais que podem se reproduzir por fissão binária ou brotamento. Além disso, há os fungos dimórficos, que podem alternar entre a forma filamentosa e a forma leveduriforme em resposta a variações ambientais, como a temperatura, respectivamente à 25°C e 37°C (Alves, 2021). Mas de modo geral os fungos são organismos heterotróficos unicelulares ou pluricelulares, sendo o primeiro as leveduras e o segundo os filamentosos (Oliveira et al., 2021).

Vivem nos mais diversos ambientes aquáticos e terrestres, dos trópicos às regiões árticas e antárticas, muitos fungos são tão pequenos que só podem ser observados ao microscópio, enquanto vários outros são capazes de formar estruturas visíveis a olho nu e facilmente reconhecíveis (Oliveira et al., 2021).

De acordo com Melo e Corrêa (2020) as infecções fúngicas associadas à assistência à saúde podem contribuir significativamente para a morbimortalidade de pacientes hospitalizados, especialmente entre aqueles imunossuprimidos. Essas infecções representam um desafio clínico, exigindo vigilância rigorosa e estratégias eficazes de prevenção e controle. Fungos estão entre os principais biocontaminantes associados a reclamações sobre a qualidade do ar em ambientes internos, entre eles, os gêneros mais comuns incluem *Penicillium* spp., *Aspergillus* spp. e *Cladosporium* spp.

É fundamental destacar que certos fungos são capazes de produzir toxinas patogênicas e cancerígenas, representando um risco significativo à saúde humana.

Atualmente, os conservantes químicos são amplamente empregados para prevenir a deterioração dos alimentos. Embora apresentem vantagens como ação rápida, forte atividade antibacteriana e baixo custo, eles também trazem desafios, incluindo o desenvolvimento de resistência fúngica, possíveis danos à saúde humana e impactos ambientais a longo prazo (Bao et al., 2023). Devido a essas preocupações, muitos países já estabeleceram restrições quanto à quantidade e ao escopo de uso de determinados conservantes químicos e diante desse cenário, a busca por conservantes naturais surge como uma alternativa viável e promissora para minimizar esses riscos.

Aspergillus niger

O gênero *Aspergillus* sp. é um fungo cujos conídios são amplamente encontrados no ar, possuindo um táxon com mais de 200 espécies distribuídas na natureza. Entre elas, destaca-se *Aspergillus niger*, um fungo ascomiceto filamentoso pertencente à ordem *Eurotiales*, subgênero *Circumdati*, classe dos *Hyphomycetes*, seção *Niger*. Esse microrganismo tem grande relevância biotecnológica e vem sendo amplamente estudado há mais de 50 anos, especialmente devido à sua capacidade de produzir enzimas extracelulares (Duarte, 2024).

Conforme Zakaria (2024) o *Aspergillus* preto, especialmente *Aspergillus niger*, é comumente identificado como o principal agente patogênico responsável pelo bolor negro em alimentos, esse mofo preto tende a se desenvolver em condições de alta temperatura (27–30 °C) e umidade elevada (70–80%), fatores que também podem favorecer a contaminação por micotoxinas.

Diversos microrganismos podem causar otomicose, sendo os saprófitos mais frequentemente isolados *Aspergillus niger*, essa infecção fúngica é uma das mais comuns no mundo, afetando o canal auditivo externo (CAE). Essa condição ocorre predominantemente em indivíduos que vivem em regiões tropicais e subtropicais caracterizadas por clima quente, empoeirado e úmido. A doença raramente apresenta uma ameaça à vida, porém, devido à necessidade de tratamento e acompanhamento prolongados, além da alta probabilidade de recorrência (Haq e Deshmukh, 2022).

Candida albicans

Thiel e Ehrhardt (2021) destacam que fungos leveduriformes, especialmente por espécies do gênero *Candida* spp., representam os agentes etiológicos mais frequentemente isolados em infecções oportunistas em seres humanos. Esses fungos

podem ser encontrados em diversos ambientes, como solo, alimentos e água, além de colonizar diferentes sítios biológicos no organismo humano. *Candida* spp. pode habitar o sistema urogenital, o trato gastrointestinal, a mucosa do trato respiratório e a pele, sendo considerado o principal grupo de patógenos oportunistas.

Entre os fungos mais prevalentes em estudos e na prática médica, destaca-se *Candida albicans*, a espécie mais comum nas candidíases e frequentemente isolada em diversos sítios do corpo humano. Sua capacidade de aderir a diferentes mucosas e epitélios faz dela o principal agente causador das candidíases cutâneas e orais (Thiel e Ehrhardt, 2021). Além disso, outras espécies, como *C. krusei* e *C. tropicalis*, são frequentemente associadas a infecções em pacientes imunocomprometidos e hospitalizados, especialmente aqueles com doenças hematológicas, podendo causar candidemias.

Os biofilmes estão correlacionados a mais de 80% das infecções microbianas em humanos. As infecções causadas por *Candida albicans* não são exceção, uma vez que sua capacidade de formar biofilmes representa um dos principais fatores de virulência desse fungo, devido à capacidade de formar biofilmes em diversos dispositivos médicos, como cateteres de demora, dentaduras, válvulas cardíacas protéticas e ser responsável por 50% dos casos de candidíase (Cid-Chevecich *et al.*, 2022).

REFERÊNCIAS

ALVES, Rita de Nazaré Silva. Atividade antioxidante, antitumoral e antimicrobiana de metabólitos secundários de cepas do gênero *Fusarium*. 2021. 82 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Saúde do Adulto e da Criança/CCBS) - Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2021.

BAO, Z., FAN, M., HANNACHI, K., Li, T., ZHAO, J., LI, Y., QIAN, H., & WANG, L. (2023). Antifungal activity of star anise extract against *Penicillium roqueforti* and *Aspergillus niger* for bread shelf life. *Food research international (Ottawa, Ont.)*, 172, 113225. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113225>

CERRI, A. C.; ESMERINO, L. A. Atividade antimicrobiana e efeito antibiofilme de óleos essenciais: um estudo comparativo: Antimicrobial activity and antibiofilm effect of essential oils: a comparative study. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 8, n. 11, p. 73850–73863, 2022. DOI: 10.34117/bjdv8n11-204. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/54346>

CID-CHEVECICH C., MÜLLER-SEPÚLVEDA A., JARA J.A., et al. *Origanum vulgare* L. essential oil inhibits virulence patterns of *Candida* spp. and potentiates the

effects of fluconazole and nystatin in vitro. BMC Complement Med Ther. 2022;22(1):39. Published 2022 Feb 9. doi:10.1186/s12906-022-03518-z

DUARTE, Suzane Meriely da Silva. Obtenção da L-asparaginase de *Aspergillus Niger* suplementados com a semente de *Euterpe oleracea* Mart e análise de sua atividade antitumoral in vitro. 2024.

FRANCIO, Iara Emanuely. Atividade Antioxidante e Antifúngica de óleos essenciais frente *Alternaria alternata*. Orientador: Prof. Dra. Dalva Paulus. 2020. 70 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós Graduação em Agroecossistemas, Universidade Tecnológica Federal Do Paraná, Dois Vizinhos - Paraná, 2020.

GUTIERREZ-MONTIEL D., GUERRERO-BARRERA A.L., CHÁVEZ-VELA N. A., AVELAR-GONZALEZ F. J., ORNELAS-GARCÍA I.G. *Psidium guajava* L.: From byproduct and use in traditional Mexican medicine to antimicrobial agent. Front Nutr. 2023 Jan 24;10:1108306. doi: 10.3389/fnut.2023.1108306. PMID: 36761221; PMCID: PMC9902774.

HAQ M., DESHMUKH P. Review of Recurrent Otomycosis and Clotrimazole in Its Treatment. Cureus. 2022 Oct 9;14(10):e30098. doi: 10.7759/cureus.30098. PMID: 36381881; PMCID: PMC9643015.

MEDEIROS, M. A. de, CRUZ, J. H. de A., OLIVEIRA, H. M. B. F. de, GUÊNES, G. M. T., ALVES, M. A. S. G., OLIVEIRA FILHO, A. A. de. (2020). Rosmarinus officinalis L.: propriedades farmacológicas relacionadas à Odontologia. ARCHIVES OF HEALTH INVESTIGATION, 10(1), 24–30. <https://doi.org/10.21270/archi.v10i1.3197>

MAGALHÃES, Isabela Soares *et al.* Aplicação de óleos essenciais com ação antimicrobiana na indústria alimentícia. In: MAGALHÃES, Isabela Soares *et al.* (Aut.). Pesquisas e Avanços em Microbiologia de Alimentos. 1 ed. III Semana Nacional da Microbiologia de Alimentos na Indústria: AGRON FOOD ACADEMY, 2023. cap. 16. p. 163-175, ISBN: 978-65-85062-08-4.

MARINO A., NOSTRO A., MANDRAS N., ROANA J., GINESTRA G., MICELI N., TAVIANO M.F., GELMINI F., BERETTA G., TULLIO V. Evaluation of antimicrobial activity of the hydrolate of *Coridothymus capitatus* (L.) Reichenb. fil. (Lamiaceae) alone and in combination with antimicrobial agents. BMC Complement Med Ther. 2020 Mar 17;20(1):89. doi: 10.1186/s12906-020-2877-x. PMID: 32183792; PMCID: PMC7076923.

MELO, A. M. M. F., & CORRÊA, A. A. G. (2020). CONTAMINAÇÃO FÚNGICA DE REFRIGERADORES DE AR DE UM HOSPITAL DO INTERIOR DE MATO GROSSO DO SUL. *Visão Acadêmica*, 21(2). <https://doi.org/10.5380/acd.v21i2.72452>.

NADEEM H.R., AKHTAR S., SESTILI P., ISMAIL T., NEUGART S., QAMAR M., ESATBEYOGLU T. Toxicity, Antioxidant Activity, and Phytochemicals of Basil (*Ocimum basilicum* L.) Leaves Cultivated in Southern Punjab, Pakistan. Foods. 2022 Apr 26;11(9):1239. doi: 10.3390/foods11091239. PMID: 35563962; PMCID: PMC9102432.

NASCIMENTO, A., & PRADE, A. C. K. (2020). Aromaterapia: O Poder das Plantas e dos Óleos essenciais. Recife: Fiocruz-PE.

OLIVEIRA, J., BARRETO, A., SILVA, L., & RHODEN, S. (2021). Fungos, diversidade e prospecção no Brasil: Um recurso pouco explorado?. *Metodologias E Aprendizado*, 4, 149–163. <https://doi.org/10.21166/metapre.v4i.1959> (Oliveira et al., 2021)

PASTRO, Gaby. Blog HORTA E SABERES. Brasil, 22 agosto 2021. Disponível em: <https://www.hortasesaberes.com.br/post/qual-a-diferen%C3%A7a-dos-%C3%B3leos-essenciais-e-hidrolatos>. Acesso em 24 de junho de 2024.

QUEIROZ, L. da S.; ALVES, E. H. P.; SANTOS, A. L. S. dos; NASCIMENTO, H. M. S.; Araujo, P. M. de S.; GUIMARÃES, A. C. de M. .; BRITO, V. dos S. . Antibacterial Action of the Essential Oil of *Origanum Vulgare*: A Review of the Literature. *RSD* 2023, 12, e9612239745.

ŠILHA, D.; ŠVARCOVÁ, K.; BAJER, T.; KRÁLOVEC, K.; TESAŘOVÁ, E.; MOUČKOVÁ, K.; PEJCHALOVÁ, M.; BAJEROVÁ, P. Chemical Composition of natural hydrolates and their antimicrobial activity on *Arcobacter*-Like cells in comparison with other microorganisms. *Molecules* 2020, 25, 5654. <https://doi.org/10.3390/molecules25235654>.

ROCHA Ane. Blog Use Orgânico, Brasil, 20 abril 2021. Disponível em: <https://blog.useorganico.com.br/hidrolatos-o-que-sao-e-como-podemos-utiliza-los/>. Acesso em 24 de junho de 2024.

SHABBIR H, KAUSAR T, NOREEN S, REHMAN H.U., HUSSAIN A, HUANG Q, GANI A, SU S, NAWAZ A. In Vivo Screening and Antidiabetic Potential of Polyphenol Extracts from Guava Pulp, Seeds and Leaves. *Animals (Basel)*. 2020 Sep 22;10(9):1714. doi: 10.3390/ani10091714. PMID: 32971839; PMCID: PMC7552742.

SOLTANI S., SHAKERI A., IRANSHAHI M., BOOZARI M. A Review of the Phytochemistry and Antimicrobial Properties of *Origanum vulgare* L. and Subspecies. *Iran J Pharm Res*. 2021 Spring;20(2):268-285. doi: 10.22037/ijpr.2020.113874.14539. PMID: 34567161; PMCID: PMC8457725.

THIEL, R. R., & EHRHARDT, A. (2021). Avaliação da ação do extrato in natura de *Rosmarinus officinalis* em cepas de *Candida* spp. *SaBios-Revista De Saúde E Biologia*, 16(1), 1–10. <https://doi.org/10.54372/sb.2021.v16.3105>

TRINDADE, J. K. M., TRINDADE, ÍVINA T. M., ABEGG, M. A., CORRÊA, G. M., & CARMO, D. F. de M. do. (2021). Chemical profile and antimicrobial activity of essential oil from *Psidium guajava* L. (Myrtaceae) varieties. Perfil químico e atividade antimicrobiana do óleo essencial de variedades de *Psidium guajava* L. (Myrtaceae) *Research, Society and Development*, 10(10), e211101018794. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i10.18794>

ZAKARIA, L. Uma Visão Geral das Espécies de *Aspergillus* Associadas a Doenças de Plantas. *Pathogens* 2024, 13, 813. <https://doi.org/10.3390/pathogens13090813>

II. OBJETIVOS

Objetivo Geral:

Avaliar a atividade antifúngica dos hidrolatos de *Rosmarinus officinalis*, *Origanum vulgare*, *Psidium guajava* L. e *Ocimum basilicum* L., frente a leveduras e fungos filamentosos.

Objetivos Específicos:

- Extrair os Hidrolatos das folhas dos vegetais: *Rosmarinus officinalis*, *Origanum vulgare*, *Psidium guajava* L. e *Ocimum basilicum* L.
- Investigar a capacidade antifúngica dos Hidrolatos de *Rosmarinus officinalis*, *Origanum vulgare*, *Psidium guajava* L. e *Ocimum basilicum* L. frente à *Candida albicans* e *Aspergillus niger*.
- Caracterizar os compostos químicos dos Hidrolatos de *Rosmarinus officinalis*, *Origanum vulgare*, *Psidium guajava* L. e *Ocimum basilicum* L.

III. CAPÍTULO 1

ATIVIDADE ANTIFÚNGICA DE HIDROLATOS DE PLANTAS MEDICINAIS: O Estado da Arte em uma Revisão Sistemática

Kênia Victória Pereira Abdala¹; Israel Viegas Moreira³; Adenilde Nascimento Mouchrek²

¹ Programa de Pós-Graduação em Saúde e Ambiente, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal do Maranhão, Maranhão, Brasil. E-mail: kenia.vpa@ufma.br

² Departamento de Patologia, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal do Maranhão, Maranhão, Brasil. E-mail: israel.moreira@ufma.br

³ Departamento de Tecnologia Química, Centro de Ciências Exatas e Tecnologias, Universidade Federal do Maranhão, Maranhão, Brasil. E-mail: adenilde.nascimento@ufma.br

RESUMO

O uso de conservantes naturais tem se destacado como uma alternativa promissora frente à crescente resistência microbiana e à demanda por produtos menos artificiais. Nesse contexto, os hidrolatos vêm ganhando atenção por apresentarem compostos bioativos com potencial antifúngico. Assim, surge o questionamento: O que revelam os estudos publicados sobre a eficácia antifúngica dos hidrolatos obtidos a partir das folhas de plantas medicinais? O objetivo é avaliar, por meio de uma revisão sistemática da literatura baseada na técnica PRISMA, o perfil antifúngico dos hidrolatos das folhas de plantas medicinais. A busca foi conduzida em bases científicas reconhecidas, com aplicação da estratégia PICOTS para estruturação da pergunta de pesquisa. Os resultados revelaram que os hidrolatos de plantas medicinais como alecrim, manjerição, entre outros apresentam significativa atividade antifúngica *in vitro*, com destaque para a ação contra leveduras do gênero *Candida* e fungos filamentosos como *Aspergillus* e *Penicillium*. Estudos também evidenciaram a eficácia de formulações sinérgicas e de tecnologias como a nanoencapsulação para potencialização da atividade dos hidrolatos. Nota-se que os hidrolatos de orégano e alecrim apresentam os maiores potenciais antifúngicos, especialmente quando combinados ou encapsulados, em que as combinações fitoquímicas revelam-se altamente promissoras para desenvolvimento de conservantes naturais, especialmente em alimentos, cosméticos e farmacêuticos. Conclui-se que os hidrolatos de plantas medicinais são alternativas promissoras para o desenvolvimento de produtos antifúngicos naturais, embora sejam necessários mais estudos *in vivo* e aplicações práticas para validar sua eficácia e segurança em diferentes contextos.

Palavras-chave: Hidrolatos. Antifúngico Natural. Conservantes. Plantas Medicinais.

ABSTRACT

The use of natural preservatives has emerged as a promising alternative in the face of growing antimicrobial resistance and the demand for less artificial products. In this context, hydrosols have been gaining attention due to their bioactive compounds with antifungal potential. Thus, the question arises: What do published studies reveal about the antifungal efficacy of hydrosols obtained from the leaves of medicinal plants? The objective is to evaluate, through a systematic literature review based on the PRISMA technique, the antifungal profile of hydrosols from medicinal plant leaves. The search was conducted using recognized scientific databases, applying the PICOTS strategy to structure the research question. The results revealed that hydrosols from medicinal plants such as rosemary and basil, among others, exhibit significant *in vitro* antifungal activity, particularly against yeasts of the *Candida* genus and filamentous fungi such as *Aspergillus* and *Penicillium*. Studies have also demonstrated the effectiveness of synergistic formulations and technologies such as nanoencapsulation in enhancing the activity of hydrolates. Oregano and rosemary hydrolates exhibit the greatest antifungal potential, especially when combined or encapsulated. These phytochemical combinations demonstrate great promise for the development of natural preservatives, particularly in food, cosmetics, and pharmaceuticals. The conclusion is that medicinal plant hydrolates are promising alternatives for the development of natural antifungal products, although further *in vivo* studies and practical applications are needed to validate their efficacy and safety in different contexts.

Keywords: Hydrolates. Natural Antifungal. Preservatives. Medicinal Plants.

1. INTRODUÇÃO

A crescente resistência de microrganismos patogênicos aos antifúngicos convencionais tem impulsionado a busca por alternativas terapêuticas mais eficazes, seguras e acessíveis. Nesse contexto, os produtos naturais têm ganhado destaque na pesquisa científica, sobretudo as plantas medicinais, que representam uma rica fonte de compostos bioativos com comprovado potencial antimicrobiano (Santos *et al.*, 2020).

Dentre as diversas formas de extração desses compostos, os hidrolatos, também conhecidos como águas aromáticas, emergem como subprodutos valiosos da destilação por arraste de vapor, contendo princípios ativos hidrossolúveis que podem atuar de forma significativa no combate a diversos microrganismos, incluindo fungos patogênicos. Os hidrolatos se destacam não apenas por sua ação antimicrobiana, mas também por apresentarem baixa toxicidade, odor agradável e ampla aplicabilidade, tanto na indústria farmacêutica quanto na cosmética e na alimentícia (Ferreira *et al.*, 2025).

O alecrim (*Rosmarinus officinalis*), o orégano (*Origanum vulgare*), a goiabeira (*Psidium guajava* L.) e o manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) são plantas amplamente utilizadas na medicina tradicional e em estudos fitoquímicos, sendo reconhecidas por suas propriedades antimicrobianas, anti-inflamatórias e antioxidantes. O interesse por essas

espécies se deve à presença de compostos fenólicos, flavonoides, terpenos e óleos essenciais que, quando extraídos por meio da destilação, permanecem em parte nos hidrolatos. Esses compostos, individualmente ou em sinergia, podem interferir diretamente no metabolismo fúngico, inibindo o crescimento, a esporulação ou até promovendo a morte celular dos fungos. Considerando o uso histórico dessas plantas e o potencial pouco explorado dos hidrolatos como agentes antifúngicos, torna-se relevante aprofundar a investigação científica sobre sua eficácia frente a cepas fúngicas de interesse clínico, agrícola ou alimentar (Pereira, 2024; Drawanz *et al.*, 2020).

Apesar da ampla pesquisa com os óleos essenciais dessas espécies, o potencial terapêutico e industrial dos hidrolatos ainda é pouco explorado, especialmente no que diz respeito à sua ação antifúngica. Assim, a presente pesquisa se justifica pela necessidade de ampliar o conhecimento sobre o uso de hidrolatos como agentes antifúngicos naturais, contribuindo para o desenvolvimento de produtos mais seguros, acessíveis e ambientalmente responsáveis.

Ademais, a análise proposta visa contribuir com dados que possam fundamentar futuras aplicações práticas desses hidrolatos, seja como conservante naturais, fitoterápicos ou coadjuvantes em tratamentos antimicrobianos, ampliando o conhecimento sobre os usos terapêuticos de compostos derivados de plantas medicinais e incentivando a valorização da biodiversidade vegetal.

Diante do aumento da resistência fúngica aos tratamentos convencionais, cresce a demanda por alternativas terapêuticas e profiláticas mais seguras, naturais e eficazes. Nesse contexto, os hidrolatos vegetais vêm sendo considerados como fontes promissoras de compostos bioativos com ação antimicrobiana. No entanto, ainda há uma lacuna quanto à sistematização do conhecimento científico existente sobre o perfil antifúngico dos hidrolatos de plantas medicinais amplamente utilizadas, como alecrim (*Rosmarinus officinalis*), orégano (*Origanum vulgare*), goiabeira (*Psidium guajava*) e manjerição (*Ocimum basilicum*). Assim, surge a seguinte questão: O que revelam os estudos publicados sobre a eficácia antifúngica dos hidrolatos obtidos a partir das folhas de plantas medicinais, como por exemplo, alecrim, manjerição, orégano, goiabeira?

Assim, o objetivo deste estudo é avaliar, por meio de uma revisão sistemática da literatura baseada na técnica PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) utilizando a estrutura PICOTS (População, Intervenção, Comparador, Desfecho, Tempo e Contexto), o perfil antifúngico dos hidrolatos das folhas de plantas medicinais.

2. METODOLOGIA

Este estudo foi conduzido segundo as diretrizes do protocolo PRISMA (Page *et al.*, 2020), com o objetivo de reunir, analisar e sintetizar evidências científicas disponíveis sobre o potencial antifúngico de hidrolatos obtidos das folhas de plantas medicinais, como por exemplo, alecrim (*Rosmarinus officinalis*), orégano (*Origanum vulgare*), goiabeira (*Psidium guajava*) e manjerição (*Ocimum basilicum*).

A questão de revisão foi formulada em PICOTS segundo Schardt *et al.* (2007), conforme recomendado pelo *checklist* CHARMS (Critical Appraisal Skills Programme). Esse modelo orientou a definição precisa dos elementos fundamentais da revisão sistemática, garantindo maior clareza e rigor metodológico. O protocolo da presente revisão foi desenvolvido com base em uma justificativa coerente, objetivos claramente definidos, desenho compatível com o escopo da pesquisa, metodologia transparente e critérios estatísticos adequados para avaliação crítica dos estudos incluídos. O Quadro 1 apresenta a estrutura PICOTS aplicada a esta revisão.

Quadro 1: Estrutura da questão de revisão segundo o modelo PICOTS

ELEMENTO	DESCRIÇÃO
População (P)	Estudos <i>in vitro</i> ou <i>in situ</i> que avaliaram a ação antifúngica de hidrolatos de plantas medicinais, especialmente alecrim (<i>Rosmarinus officinalis</i>), orégano (<i>Origanum vulgare</i>) e manjerição (<i>Ocimum basilicum</i>)
Intervenção (I)	Aplicação de hidrolatos extraídos das folhas das plantas mencionadas, com foco em sua atividade antifúngica
Comparador (C)	Comparação com grupos controle (sem aplicação), óleos essenciais ou antifúngicos sintéticos padrão, como nistatina ou cetoconazol
Desfecho (O)	Avaliação da atividade antifúngica (ex.: zona de inibição, concentração inibitória mínima – MIC, redução da carga fúngica)
Tempo (T)	Estudos publicados entre 2015 e 2025
Contexto (S)	Contextos laboratoriais (<i>in vitro</i>), alimentares (ex.: conservação de pães) e fitossanitários, com possível aplicação terapêutica e/ou agrícola.

Fonte: Este trabalho, (2025).

2.1 Estratégia de Busca

A busca por artigos científicos foi realizada nas bases de dados PubMed, Scopus, SciELO, Web of Science e Google Acadêmico. Foram utilizados os seguintes descritores combinados por operadores booleanos: "*hydrosol*" OR "*hydrolate*" AND "*antifungal activity*"; "*Rosmarinus officinalis*" AND "*hydrosol*" AND "*fungi*"; "*Origanum vulgare*" AND "*hydrolate*" AND "*antifungal*"; "*Psidium guajava* L." AND "*hydrosol*" AND "*antimicrobial*"; "*Ocimum basilicum* L." AND "*hydrosol*" AND "*fungi inhibition*". A busca foi limitada a artigos publicados entre 2015 e 2025, nos idiomas português, inglês e espanhol.

2.2 Critérios de Elegibilidade

Foram incluídos na revisão os estudos que atenderam aos seguintes critérios: artigos originais, revisados por pares, que abordassem a atividade antifúngica de hidrolatos obtidos das folhas das plantas-alvo; estudos *in vitro* ou *in vivo* que relatassem os métodos de extração dos hidrolatos, os micro-organismos testados e os resultados obtidos; trabalhos publicados em periódicos científicos entre 2015 e 2025.

Consoante a isso, foram excluídos: resumos de congresso, capítulos de livros, dissertações, teses e estudos que tratavam exclusivamente de óleos essenciais, sem menção à atividade dos hidrolatos.

2.3 Seleção dos Estudos

O processo de seleção foi realizado em três etapas, a saber: triagem inicial dos títulos e resumos por dois revisores independentes, para exclusão de estudos claramente irrelevantes; leitura completa dos textos selecionados, com base nos critérios de elegibilidade; avaliação de qualidade metodológica dos estudos incluídos, por meio de *checklist*.

2.4 Extração e Análise dos Dados

Dos estudos selecionados, foram extraídas as seguintes informações: nome da planta e parte utilizada; método de obtenção do hidrolato; micro-organismos fúngicos testados; técnica de avaliação da atividade antifúngica; resultados obtidos e interpretação dos autores. Os dados foram organizados em tabelas comparativas e analisados de forma descritiva, com destaque para os hidrolatos com maior eficácia antifúngica.

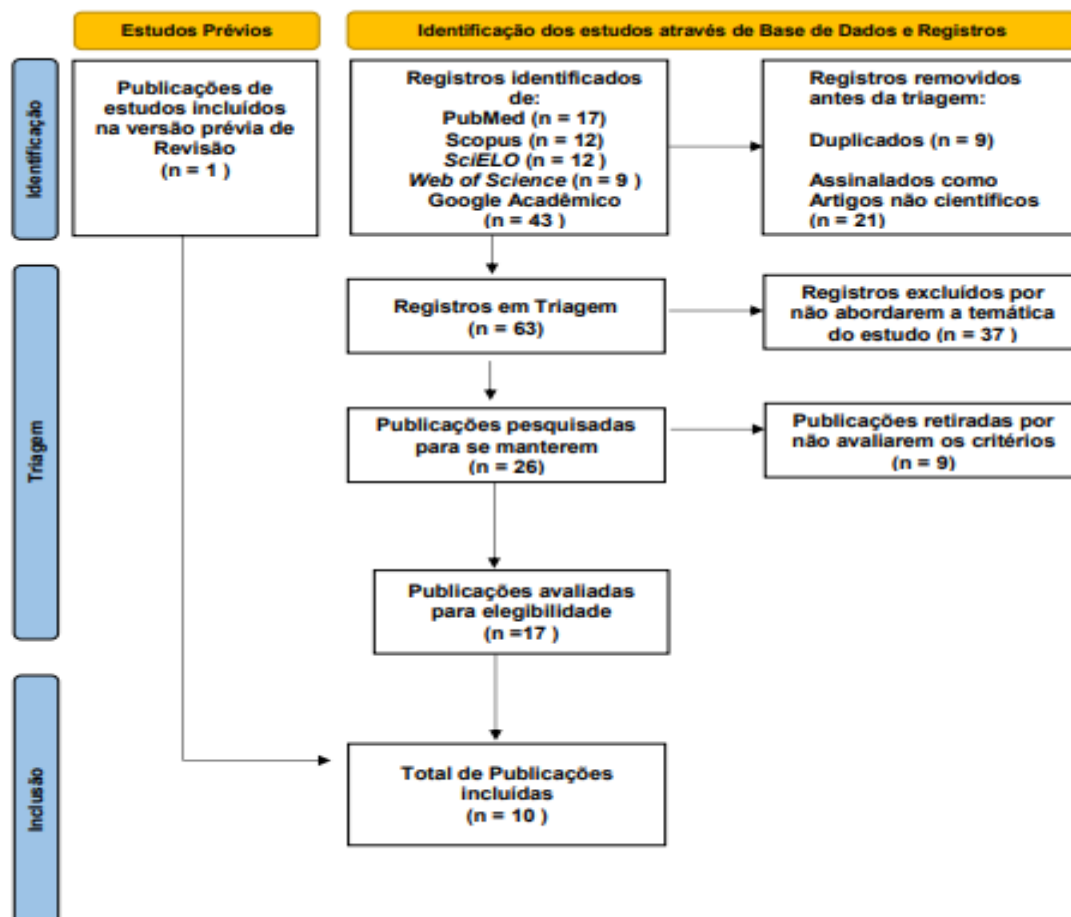
2.5 Síntese dos dados

O processo de síntese dos dados foi realizado por meio de uma pesquisa temática combinada com análise contextual, visando proporcionar uma visão objetiva e concisa das metodologias aplicadas nos estudos de predição. Foram analisados aspectos como a seleção dos participantes, a escolha e coleta das variáveis preditoras, a definição dos desfechos, as técnicas estatísticas empregadas no desenvolvimento dos modelos, as variáveis incluídas nos modelos finais, bem como as métricas de desempenho utilizadas para avaliação.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram identificados 93 artigos, dos quais apenas 10 atenderam aos critérios de inclusão desta revisão, conforme descrito na Figura 1.

Figura 1: Fluxograma PRISMA mostrando a seleção dos estudos para esta revisão sistemática



Fonte: Este trabalho, (2025).

O Quadro 2 descreve os grupos estudados e os principais achados para cada autor.

Quadro 2: Resumo dos estudos incluídos

AUTOR (ANO)	OBJETIVO	TIPO DE ESTUDO	PRINCIPAIS RESULTADOS
Muscatello et al. (2022)	Avaliar atividade antifúngica de hidrolato de alecrim	<i>In vitro</i>	MIC 7,8–62,5 µL/mL contra dermatófitos e <i>Candida</i>
Rossi et al. (2021)	Comparar hidrolato de alecrim com nistatina em biofilmes de <i>Candida</i>	<i>In vitro</i>	Efeito antibiofilme similar à nistatina a 50 mg/mL
Belabbes et al. (2017)	Avaliar antifúngico de hidrolato de <i>Calendula arvensis</i>	<i>In vitro</i>	Inibição total de <i>Penicillium expansum</i> e <i>Aspergillus niger</i> a 30 mg/L
Meccati et al. (2021)	Atividade antimicótica de <i>Rosmarinus</i> contra <i>Candida</i>	<i>In vitro</i>	Inibição similar à nistatina
Jafri & Ahmad (2020)	Manjericão contra biofilmes de <i>Candida</i>	<i>In vitro</i>	Inibição de 60–70 %
Ingok et al. (2020)	Própolis + hidrolato de alecrim na levedura <i>Cryptococcus</i>	<i>In vitro</i>	Ação fungicida reforçada
Rafya et al. (2024)	Revisão sobre composição e propriedades do hidrolato de alecrim	Revisão	Destaca carnosol; uso crescente em nano-formulações
Abdulhadi et al. (2023)	Endófitos de <i>Rosmarinus</i> com ação antimicrobiana	<i>In vitro</i>	<i>Trichoderma harzianum</i> combate bactérias, sugerindo sinergia
Shafie et al. (2022)	Review de hidrossóis, incluindo antidepressivos	Revisão	Compostos como linalool, thymol e carvacrol predominam
Moghadam et al. (2023)	Encapsulação em nano-emulsões de hidrossóis	<i>In vitro</i>	Aumento de ~30 % na atividade antifúngica

Fonte: Este trabalho, (2025).

A análise temática dos 10 estudos selecionados permitiu identificar padrões metodológicos e resultados relevantes sobre a eficácia antifúngica de hidrolatos extraídos de plantas medicinais, sobretudo alecrim (*Rosmarinus officinalis*), manjerição (*Ocimum basilicum* L.), além de algumas investigações adicionais envolvendo outras espécies botânicas com potencial antifúngico.

No que concerne a confiabilidade dos dados, todos os estudos seguiram protocolos *in vitro* robustos (difusão em ágar, MIC), oferecendo resultados consistentes. Meccatti *et al.* (2021) demonstraram que hidrolato de alecrim alcançou eficácia comparável à nistatina contra *Candida*, reforçando seu uso em aplicações clínicas leves.

Em sua maioria, os estudos incluídos adotaram delineamento experimental *in vitro*, o que é compatível com a natureza exploratória da avaliação de compostos naturais. Por exemplo, Muscatello *et al.* (2022) relataram atividade antifúngica significativa do hidrolato de alecrim, com concentrações inibitórias mínimas (MIC) variando entre 7,8 e 62,5 $\mu\text{L/mL}$ contra leveduras do gênero *Candida* e dermatófitos. De modo convergente, Meccati *et al.* (2021) confirmaram uma atividade comparável à nistatina, referência antifúngica padrão, reforçando o potencial do alecrim como alternativa natural para o controle microbiano.

Tanto Muscatello *et al.* (2022) quanto Rossi *et al.* (2021) evidenciaram forte atividade antifúngica – MIC em índices eficazes e efeito semelhante à nistatina nos biofilmes. Ao comparar-se o hidrolato de alecrim diretamente com a nistatina na inibição de biofilmes de *Candida spp.*, relatou-se eficácia semelhante, ainda que com menor potência em concentrações muito baixas (Rossi *et al.*, 2021). Este dado aponta para uma equivalência funcional em contextos de aplicação tópica ou ambiental, especialmente quando se busca substituir antifúngicos sintéticos por produtos naturais com menor toxicidade e mais sustentáveis.

Embora o foco principal da presente revisão recaia sobre alecrim, outros hidrolatos também demonstraram desempenho notável. Belabbes *et al.* (2017), por exemplo, investigaram o hidrolato de *Calendula arvensis* e observaram inibição total do crescimento de *Penicillium expansum* e *Aspergillus niger* a 30 mg/L, resultado expressivo quando comparado aos valores obtidos com Meccatti *et al.* (2021). Embora se trate de outra espécie, esses achados ilustram o amplo espectro antifúngico de hidrolatos vegetais em geral.

Jafri e Ahmad (2020) avaliaram o manjerição frente a biofilmes de *Candida* e constataram inibição entre 60–70%, reforçando o papel de compostos como linalol e eugenol presentes em seu perfil fitoquímico. Essa taxa de inibição é consistente com os

achados de Muscatello *et al.* (2022) para o alecrim, sugerindo potenciais sinérgicos ou equivalentes entre espécies distintas, dependendo do microrganismo-alvo.

Já Ingok *et al.* (2020) exploraram o uso combinado de propólis e hidrolato de alecrim, observando uma ação fungicida potencializada contra a levedura *Cryptococcus*. Esse estudo destaca a viabilidade de formulações sinérgicas que associam diferentes produtos naturais, ampliando a efetividade sem recorrer a antifúngicos sintéticos.

Em termos de inovação tecnológica, os estudos de Moghadam *et al.* (2023) e Rafya *et al.* (2024) abordaram, respectivamente, o uso de nanoemulsões e encapsulamento de hidrossóis, mostrando um aumento médio de 30% na atividade antifúngica. A nanoformulação é uma tendência crescente, pois permite estabilizar compostos voláteis, melhorar a penetração em matrizes biológicas e controlar a liberação dos princípios ativos.

As revisões conduzidas por Shafie *et al.* (2022) e Rafya *et al.* (2024) forneceram um panorama teórico amplo sobre a composição fitoquímica dos hidrolatos, destacando a presença de carnosol, linalol, carvacrol e thymol, compostos bioativos amplamente reconhecidos por sua ação antifúngica e antibacteriana. Tais compostos foram identificados como os principais responsáveis pela eficácia antifúngica observada em múltiplos estudos *in vitro*, sugerindo convergência entre achados fitoquímicos e microbiológicos.

Por outro lado, Abdulhadi *et al.* (2023) seguiram uma linha distinta ao investigar a ação antimicrobiana de endófitos associados ao alecrim, destacando o papel de *Trichoderma harzianum* como agente sinérgico no controle fúngico. Esse estudo amplia o escopo da discussão ao introduzir o conceito de microbiota simbiótica das plantas como moduladora da eficácia antifúngica de extratos vegetais, linha ainda pouco explorada na literatura.

Apesar da convergência geral quanto à eficácia dos hidrolatos vegetais, algumas divergências metodológicas merecem destaque. Variações nas concentrações testadas, nos tipos de microrganismos-alvo e na forma de preparo dos hidrolatos dificultam a padronização dos resultados. Ademais, poucos estudos avançam para modelos *in vivo* ou aplicações práticas em alimentos e cosméticos, representando lacunas importantes para pesquisas futuras.

De modo geral, os estudos analisados demonstram evidências consistentes da atividade antifúngica dos hidrolatos de alecrim, manjerição e outras espécies. A possibilidade de utilizar esses compostos naturais como alternativas a conservantes químicos é reforçada por sua ação antimicrobiana significativa, aliada a um perfil tóxico

mais brando e a facilidade de extração. A utilização de tecnologias de nanoencapsulação, bem como formulações sinérgicas com outros agentes naturais, representam caminhos promissores para ampliar ainda mais sua aplicabilidade.

4. CONCLUSÃO

A crescente demanda por alternativas naturais aos conservantes e antifúngicos sintéticos tem impulsionado o interesse científico pelo uso de compostos de origem vegetal com propriedades bioativas, como os hidrolatos extraídos de folhas de plantas medicinais. Dentre esses, destacam-se o alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.), erva-vaqueira (*Calendula arvensis*) e o manjerição (*Ocimum basilicum*), espécies conhecidas popularmente por suas propriedades terapêuticas e amplamente utilizadas na medicina tradicional e na indústria de alimentos, cosméticos e farmacêutica.

A presente revisão sistemática, fundamentada nos critérios estabelecidos pelo protocolo PRISMA, permitiu reunir, avaliar criticamente e sintetizar os principais achados de estudos recentes sobre o perfil antifúngico de hidrolatos extraídos das folhas dessas plantas. A partir da questão central buscou-se identificar evidências científicas robustas que sustentem o uso desses hidrolatos como agentes antifúngicos naturais.

Os estudos selecionados demonstraram, em sua maioria, resultados promissores. O alecrim destacou-se pela presença de compostos como 1,8-cineol e carnosol, que demonstraram forte atividade contra leveduras e dermatófitos. O manjerição, por sua vez, apresentou desempenho semelhante, com ação eficaz sobre biofilmes de *Candida spp.*, atribuída a substâncias como linalol e eugenol. E a erva-vaqueira mostrou, em diferentes estudos, efeitos significativos contra *Aspergillus* e *Penicillium*, devido à presença de carvacrol e timol.

Apesar da diversidade metodológica entre os estudos analisados, houve convergência quanto à eficácia dos hidrolatos na inibição do crescimento de fungos patogênicos e deteriorantes, tanto em modelos laboratoriais quanto em contextos de aplicação prática. Além disso, foi possível identificar tendências atuais, como o uso de tecnologias de nanoencapsulação e formulações sinérgicas com outros compostos naturais (como própolis ou óleos essenciais), que potencializam a ação antifúngica dos hidrolatos e ampliam suas aplicações em diferentes áreas.

Dessa forma, os resultados obtidos nesta revisão permitem afirmar que os hidrolatos das folhas de alecrim, orégano, goiabeira e manjerição apresentam, de maneira geral, propriedades antifúngicas relevantes e compatíveis com o desenvolvimento de

soluções naturais para o controle microbiano. No entanto, ressalta-se a necessidade de padronização das metodologias de extração, quantificação e avaliação da atividade antifúngica, bem como a realização de estudos clínicos e aplicações *in vivo*, a fim de validar a segurança e eficácia desses compostos em diferentes contextos.

Por fim, destaca-se que os hidrolatos representam uma via sustentável, acessível e promissora para o desenvolvimento de produtos antifúngicos mais seguros e compatíveis com os princípios da saúde pública, da agroecologia e da biotecnologia verde.

REFERÊNCIAS

ABDULHADI, S.; et al. *Molecular detection and antimicrobial activity of Endophytic fungi isolated from a medical plant Rosmarinus officinalis*. **Arxiv Is Hiring a DevOps Engineer**, v. 23, n.14, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2303.05242>

BELABBES, R.; et al. *Chemical variability, antioxidant and antifungal activities of essential oils and hydrosol extract of Calendula arvensis L. from western Algeria*. **Chemistry & biodiversity**, v.10, n.82, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/CBDV.201600482>

DRAWANZ, B.; et al. Óleos essenciais e hidrolatos de orégano e cravo-da-índia sobre o desenvolvimento micelial de Botrytis cinerea isolado de morangos. **Revista Verde**, v. 15, n.4, out-dez., p.341-345, 2020. Disponível em: doi: 10.18378/rvads.v15i4.7952

FERREIRA, G.F.; et al.. Avaliação da atividade antifúngica do extrato das folhas de *Flacourtia jangomas* frente espécies de *Candida*. **Revista de Ciência, Tecnologia e Sociedade**, [S. l.], v. 3, n. 1, 2025. Disponível em: <https://periodicos.ufjf.br/index.php/rcts/article/view/47956>

INGOK, A.M.; et al. *Antibacterial, Antifungal, Antimycotoxigenic, and Antioxidant Activities of Essential Oils: An Updated Review*. **Molecules**, 2020, Oct 14, v.25, n.20:4711. Disponível em: <https://doi: 10.3390/molecules25204711>

JAFRI, H.; AHMAD, I. *Thymus vulgaris essential oil and thymol inhibit biofilms and interact synergistically with antifungal drugs against drug resistant strains of Candida albicans and Candida tropicalis*. **J Mycol Med.**, 2020, Apr; v.30, n.1:100911. Disponível em: doi: 10.1016/j.mycmed.2019.100911

MECCATTI, V.M.; et al. *Rosmarinus officinalis extract has antibiofilm effect similar to the antifungal nystatin on Candida samples*. **An Acad Bras Cienc**. 2021; v.93, n.2: e20190366. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33950151/>

MOGHADAM, A.Z.; et al. *The significance of essential oils and their antifungal properties in the food industry: A systematic review*. **Heliyon**. 2023, Oct 29, v.9, n.11: e21386. Disponível em: doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e21386

MUSCATELLO, B.; et al. *Hydrosols from Rosmarinus officinalis... Phytochemical Analysis and Bioactivity Evaluation*. **Plants**. 2022; v.11, n.3:349. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/PMC8840401>

PAGE MJ; MCKENZIE JE; BOSSUYT PM, et al. **The PRISMA 2020** statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*. 2021;372:n71.

PEREIRA, P.A.P. **Composição química e atividade antifúngica dos óleos essenciais de manjeriço, alecrim, cravo e canela frente a *trichophyton rubrum* e *trichophyton mentagrophytes***. Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Farmácia, Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas, Porto Alegre, BR-RS, 2024.

RAFYA, M.; et al. *Review of Rosmarinus officinalis L. essential oil, hydrosol, and residues analysis: Composition, bioactivities, and valorization*. **Elsevier - Industrial Crops and Products**, v.221, n.12, 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926669024013694>

ROSSI, J.; et al. *Rosmarinus officinalis L. extract has antibiofilm effect...* **An Acad Bras Cienc**. 2021; v.93, n.2:e20190366. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33950151/>

SANTOS, A.F.; et al. Atividade antifúngica de óleos essenciais de alecrim (*rosmarinus officinalis*) e cravo (*syzygium aromaticum*) em pão de forma. **RECITAL -Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara**, v. 3, n. 2, maio/ago. 2020. Disponível em: <https://recital.almenara.ifnmg.edu.br/recital/article/view/160/90>

SCHARDT, C.; ADAMS, M. B.; Owens, T.; KEITZ, S., & FONTELO, P. (2007). Using the PICO framework to improve clinical question searching in PubMed. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 7, 16. doi: <http://dx.doi.org/10.1186/1472-6947-7-1>

SHAFIE, M.H.; et al. *Antioxidant and Antimicrobial Activity of Plant Hydrosol and Its Potential Application in Cosmeceutical Products*. **Jundishapur J Nat Pharm Prod.**, 2022, v.17, n.4: e124018. Disponível em: <https://doi.org/10.5812/jjnpp-124018>

IV. CAPÍTULO 2

AVALIAÇÃO DO PERFIL ANTIFÚNGICO E CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DE HIDROLATOS DAS FOLHAS DE *Rosmarinus officinalis*, *Origanum vulgare*, *Psidium guajava* L. e *Ocimum basilicum* L.

Kênia Victória Pereira Abdala¹; Israel Viegas Moreira³; Adenilde Nascimento Mouchrek²

¹ Programa de Pós-Graduação em Saúde e Ambiente, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal do Maranhão, Maranhão, Brasil. E-mail: kenia.vpa@ufma.br

² Departamento de Patologia, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal do Maranhão, Maranhão, Brasil. E-mail: israel.moreira@ufma.br

³ Departamento de Tecnologia Química, Centro de Ciências Exatas e Tecnologias, Universidade Federal do Maranhão, Maranhão, Brasil. E-mail: adenilde.nascimento@ufma.br

RESUMO

Denominado água floral ou hidrossol, o hidrolato é uma solução aquosa que contém moléculas hidrofílicas das plantas (ou seja, aquelas com afinidade por água) e uma pequena quantidade de óleo essencial e atualmente muito utilizado na aromaterapia, e sendo bastante promissor na indústria de cosméticos e alimentos e também na agricultura. O presente estudo visa avaliar a atividade antimicrobiana dos hidrolatos de *Rosmarinus officinalis* (alecrim), *Origanum vulgare* (orégano), *Psidium guajava* L. (goiabeira) e *Ocimum basilicum* L. (manjerição), precisamente as propriedades antifúngicas, além de analisar a composição química desses hidrolatos. Foram adquiridas amostras dos quatro vegetais pesquisados alecrim, orégano, goiabeira e manjerição, e realizado a extração dos Hidrolatos de cada vegetal, por meio de hidrodestilação em Aparelho de Clevenger, na proporção 1:6, durante três horas. As Cepas dos fungos foram obtidas na Coleção de Fungos, sediada no NIBA/CCBS/UFMA: Duas Cepas das leveduras, *Candida albicans* ATCC 14053 e *Candida albicans* clínica (SisGen: A009189) e duas Cepas dos filamentosos, *Aspergillus niger* IOC 207 e *Aspergillus niger* anemófilo. Para análise da ação antifúngica dos hidrolatos foi utilizados dois tipos de ensaios: Teste de sensibilidade por meio do ensaio de difusão em disco e Teste de sensibilidade antifúngica por meio do ensaio de difusão em poços. A identificação de compostos químicos nos hidrolatos foi efetuada através da técnica analítica de CG-MS. A análise cromatográfica por CG-MS indicou os seguintes compostos químicos: Hidrolato do Alecrim (HdA) indicou que o eucaliptol é o composto predominante, com teor de 45,73%, seguido da cânfora com 24,16% do L-alfa-terpineol com 9,35%, e em menores quantidades o linalol, acetato de timol, eugenol e fencol; Hidrolato de Orégano (HdO) tem como prevalente, o terpinen-4-ol com 59,17%, L-alfa-terpineol com 19,32%, linalol 3,77%, e em menores teores, o timol, indol, eucaliptol e eugenol; Hidrolato de Goiabeira (HdG) em maior quantidade o benzaldeído 68,20%, a seguir o eucaliptol 20,96%, alfa-terpineol 5,48% e terpinen-4-ol 5,36%; E por último Hidrolato de Manjerição (HdM) com eucaliptol 48,41%, alfa-terpineol 16,58%, linalol 7,67%, acetato de eugenol 7,47%, (+)-2-Bornanona 6,65%, D-carvona 5,80% e eugenol 3,10%. Os ensaios com os hidrolatos: HdA. Hdo, HdG e HdM,

frentes as cepas dos fungos filamentosos *Aspergillus niger* IOC 207 e *Aspergillus niger* anemófilo e leveduras *Candida albicans* ATCC 14053 e *Candida albicans* clínica permitem expressar que os extratos não possuem eficiência quanto à atividade antimicótica. Embora com os hidrolatos apresentem compostos químicos com potencial antimicrobiológico, estes não estão em quantidade suficiente para ação pretendida contra os fungos nesta pesquisa.

Palavras-chaves: Hidrossol. Aromaterapia. Antimicrobiano.

ABSTRACT

Known as floral water or hydrosol, a hydrosol is an aqueous solution containing hydrophilic plant molecules (i.e., those with an affinity for water) and a small amount of essential oil. Currently widely used in aromatherapy, it is showing considerable promise in the cosmetics and food industries, as well as in agriculture. This study aims to evaluate the antimicrobial activity of hydrosols from *Rosmarinus officinalis* (rosemary), *Origanum vulgare* (oregano), *Psidium guajava* L. (guava), and *Ocimum basilicum* L. (basil), specifically their antifungal properties, in addition to analyzing the chemical composition of these hydrosols. Samples of the four plants studied—rosemary, oregano, guava, and basil—were acquired. Hydrosols were extracted from each plant by hydrodistillation in a 1:6 ratio in a Clevenger apparatus for three hours. The fungal strains were obtained from the Fungal Collection, housed at NIBA/CCBS/UFMA: two yeast strains, *Candida albicans* ATCC 14053 and *Candida albicans* clinical (SisGen: A009189) and two filamentous strains, *Aspergillus niger* IOC 207 and *Aspergillus niger* anemophilus. Two types of assays were used to analyze the antifungal action of the hydrolates: sensitivity test by disk diffusion assay and antifungal sensitivity test by well diffusion assay. The identification of chemical compounds in the hydrolates was performed using the analytical technique of GC-MS. Chromatographic analysis by GC-MS indicated the following chemical compounds: Rosemary Hydrolate (HdA) indicated that eucalyptol is the predominant compound, with a content of 45.73%, followed by camphor with 24.16% of L-alpha-terpineol with 9.35%, and in smaller amounts linalool, thymol acetate, eugenol and fencol; Oregano Hydrolate (HdO) has as prevalent, terpinen-4-ol with 59.17%, L-alpha-terpineol with 19.32%, linalool 3.77%, and in smaller amounts, thymol, indole, eucalyptol and eugenol; Guava Hydrolate (HdG) in the largest quantity benzaldehyde 68.20%, followed by eucalyptol 20.96%, alpha-terpineol 5.48% and terpinen-4-ol 5.36%; And finally Basil Hydrolate (HdM) with eucalyptol 48.41%, alpha-terpineol 16.58%, linalool 7.67%, eugenol acetate 7.47%, (+)-2-Bornanone 6.65%, D-carvone 5.80% and eugenol 3.10%. The tests with the hydrolates: HdA, Hdo, HdG, and HdM, against the strains of the filamentous fungi *Aspergillus niger* IOC 207 and *Aspergillus niger* anemophilus, and the yeasts *Candida albicans* ATCC 14053 and *Candida albicans* clinical, indicate that the extracts are not effective in terms of antifungal activity. Although the hydrolates contain chemical compounds with antimicrobial potential, these are not in sufficient quantities for the intended action against the fungi in this study.

Keywords: Hydrosol. Aromatherapy. Antimicrobial.

1. INTRODUÇÃO

Desde tempos antigos, a humanidade tem feito uso dos produtos naturais, tanto para a alimentação quanto para fins medicinais. A natureza exerce um papel essencial na produção da maior parte das substâncias orgânicas conhecidas. É importante enfatizar que o reino vegetal é o principal responsável pela vasta diversidade química documentada na literatura (Farfus *et al.*, 2021).

No metabolismo vegetal, as plantas produzem substâncias que são essenciais para o crescimento, desenvolvimento e reprodução de um organismo e substâncias responsáveis pela interação do organismo com o ambiente, substâncias aromáticas que desempenham um papel essencial na defesa contra predadores e patógenos, atuando como agentes biocidas que podem se acumular em diferentes partes da planta (Drawanz *et al.*, 2020). Esses compostos podem ser divididos em duas categorias: metabólitos primários e metabólitos secundários. Os metabólitos primários incluem substâncias como açúcares, aminoácidos, proteínas e clorofila. Já os metabólitos secundários abrangem compostos como alcalóides, terpenos, terpenóides, fenólicos, além de flavonóides e taninos (Barros *et al.*, 2023).

Em conformidade com Marino *et al.* (2020) os hidrolatos podem ser utilizados na fase aquosa na fabricação de loções, cremes e sabões, ou de forma independente como tônicos e purificadores de ar, além de serem empregados na indústria alimentícia. O conhecimento químico e biológico é essencial, pois permite avaliar sua viabilidade para demanda, considerando a relação entre custos e benefícios (Farfus *et al.*, 2021).

Os vegetais escolhidos remetem ao valor medicinal de cada uma, sendo eles: *Rosmarinus officinalis* é uma planta é composta por terpenóides, terpenos fenólicos, como carnosol, ácido carnósico e ácido rosmarínico, que possuem propriedades antifúngicas e antibacterianas (Thiel e Ehrhardt, 2021); *Origanum vulgare* possui ação antioxidante, antifúngica e antibacteriana, além de contribuir para a redução dos níveis de colesterol no sangue (Cerri e Esmerino, 2022); *Psidium guajava* L. possui diversos compostos, incluindo taninos, fenóis, flavonoides, saponinas, carboidratos, alcaloides, esteróis e terpenóides (Gutierrez-Montiel, 2023) e *O. basilicum* L. é reconhecido por seu potencial terapêutico e suas propriedades de conservação de alimentos (Nadeem *et al.*, 2022).

Nas últimas duas décadas, devido ao aumento da resistência microbiana e sua ameaça à saúde global, houve um crescimento no interesse científico para estudos antimicrobianos naturais. De acordo com a literatura, aproximadamente dois terços das

terapias antimicrobianas clínicas são desenvolvidas com base em compostos naturais, ressaltando a importância dessas substâncias na pesquisa e no desenvolvimento de novos medicamentos (Soltani *et al.*, 2021).

Os fungos selecionados são eles: *Aspergillus niger* (Figura 1), responsável pelo mofo preto é frequentemente encontrado em regiões de clima quente e seco, contaminando alimentos e ambientes (Zakaria, 2024).

Figura 1: Visão macroscópica (anverso e verso) e microscópica de *Aspergillus niger*.

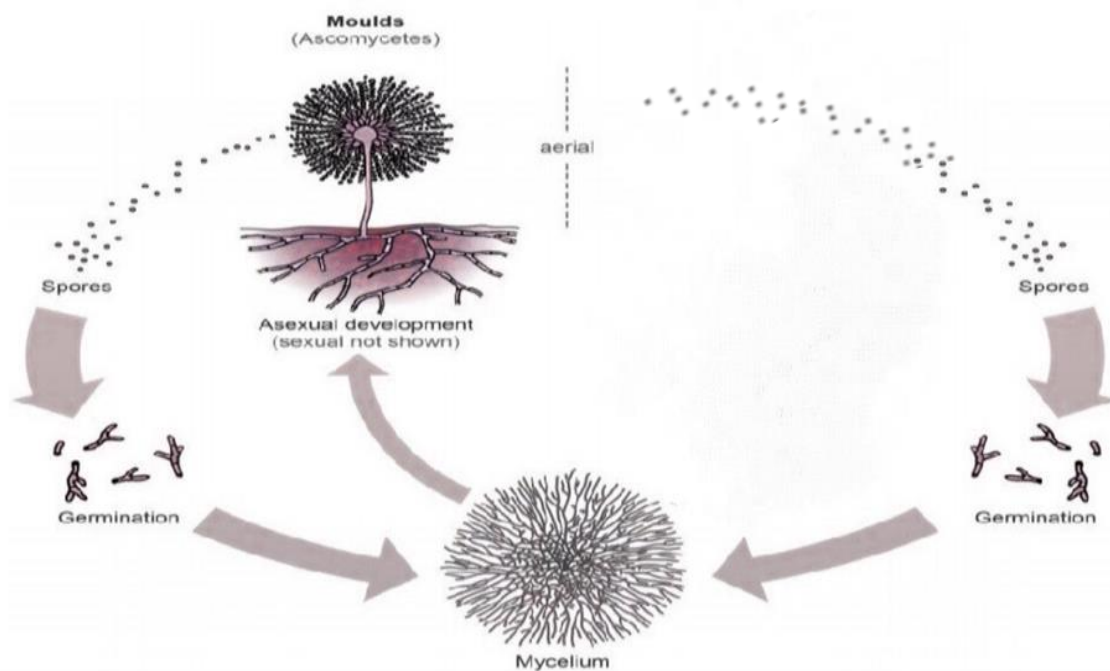


Fonte: Este trabalho, (2025).

Conforme Alves (2021), em condições favoráveis de umidade e nutrientes, os fungos filamentosos ou multicelulares germinam e crescem no ambiente, com desenvolvimento iniciado a partir de esporos, que nesse mecanismo, forma-se um tubo germinativo que se alonga, originando a hifa e com o passar dos dias, essas hifas se entrelaçam e formam uma estrutura denominada micélio, que é separado em o micélio de sustentação, que atua na degradação e absorção dos nutrientes do ambiente, e micélio aéreo, responsável por sustentar estruturas reprodutivas como esporos e conídios.

Nos ascomicetos, por exemplo, essa estimulação pode levar à formação de conidióforos com esporos assexuados e/ou de corpos frutíferos que produzem esporos sexuais, devido a fatores ambientais podem induzir os fungos a desenvolverem essas estruturas reprodutivas. Todo esse mecanismo faz com que esses fungos, como o *A. niger*, possuem ampla capacidade de ploriferação (Figura 2).

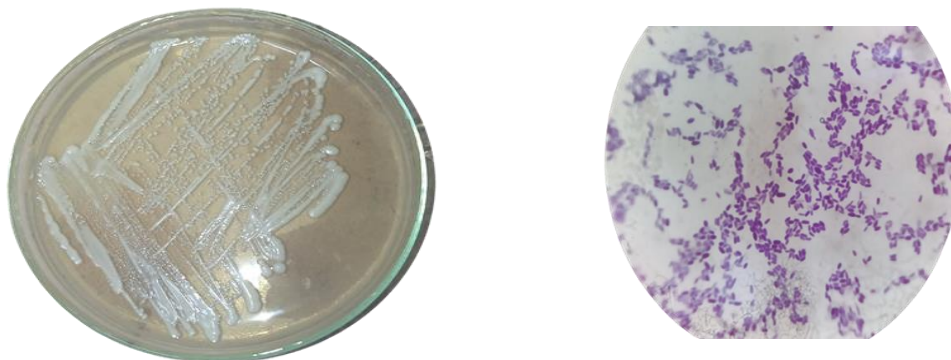
Figura 2: Processo de germinação do *Aspergillus niger*.



Fonte: Adaptado de Alves (2021).

A *Candida albicans* (Figura 3) que se destaca como a levedura mais virulenta e prevalente em infecções humanas, sendo responsável por aproximadamente 50% dos casos de candidíase, como candidíase invasiva, vulvovaginite, candidíase esofágica e candidíase oral (Cid-Chevecich *et al.*, 2022).

Figura 3: Visão macroscópica e microscópica da *Candida albicans*.

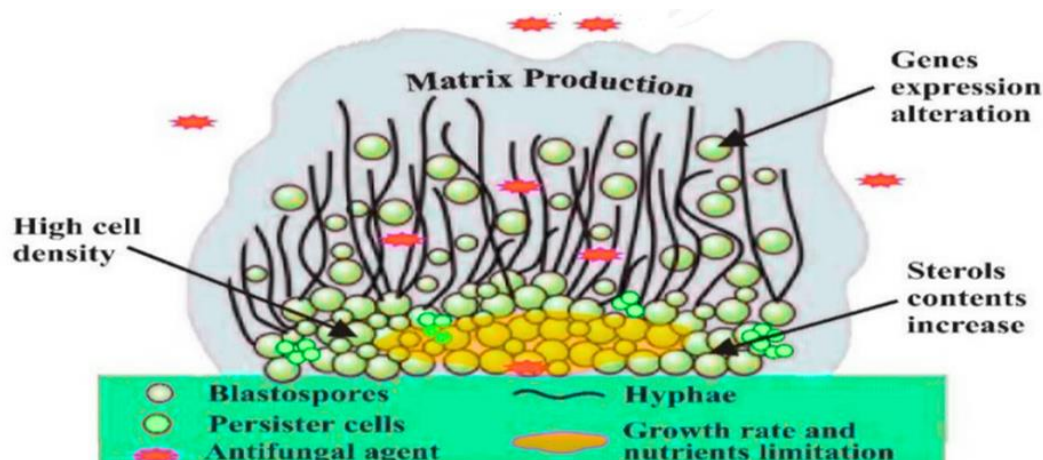


Fonte: Este trabalho, (2025).

Bhattacharya *et al.*(2020) constata que diversos fatores cooperam para a resistência das espécies de *Candida* e, conseqüentemente, para a ineficácia dos tratamentos. Entre eles, destacam-se a formação de biofilmes (Figura 4) variação na biodisponibilidade dos medicamentos nos diferentes locais de infecção, a resposta

imunológica do hospedeiro, a farmacocinética das drogas, a gravidade do quadro clínico e os efeitos adversos dos antifúngicos.

Figura 4: Formação de biofilme – mecanismo de resistência à antifúngicos da *Candida albicans*.



Fonte: Adaptado de Alves (2021).

Este estudo experimental surge em resposta à crescente demanda pelo uso de produtos naturais com potencial antifúngicos, sustentáveis e biodegradáveis, com foco em sua aplicação futura na indústria. E justifica-se devido a diversos hidrolatos representam fontes inovadoras, promissoras e de grande valor, com potencial para serem aprovados como matéria-prima em uma variedade de produtos, são amplamente utilizados no comércio, especialmente como componentes de produtos cosméticos e na indústria alimentícia. Sua aceitação continua a crescer, principalmente no campo da aromaterapia.

Nesse contexto, foram obtidos hidrolatos de *Rosmarinus officinalis*, *Origanum vulgare*, *Psidium guajava* L., e *Ocimum basilicum* L. por meio do método de hidrodestilação com a finalidade de avaliar a atividade inibitória desses compostos frente a cepas fúngicas utilizando o método de difusão e investigar a composição química desses hidrolatos.

2. METODOLOGIA

2.1 Obtenção das Amostras dos Vegetais

Os vegetais secos *Rosmarinus officinalis* (alecrim), *Origanum vulgare* (orégano) foram compradas em comércio de ervas naturais no município de São Luís-MA. As folhas do *Psidium guajava* L. (goiabeira) foram obtidas em propriedade da cidade de Timbiras-MA, foram separadas dos ramos e lavadas com água destilada e colocadas para secar

naturalmente, após a secagem as folhas foram trituradas. O vegetal *Ocimum basilicum* L. (manjeriço) foi comprado *in natura* no Mercado Central de São Luís-MA as folhas foram separadas do talo, lavadas com água destilada e secas naturalmente, em seguida trituradas em liquidificador (Figura 5).

Figura 5: 1-*Rosmarinus officinalis*;2-*Origanum vulgare*;3-*Psidium guajava* L.e 4-*Ocimum basilicum* L.



Fonte: Este trabalho, (2025).

2.2 Extração dos Hidrolatos

Considerou-se o método seguido por Pereira *et al.* (2022) adaptado, para extração dos hidrolatos de *Rosmarinus officinalis*, *Origanum vulgare*, *Psidium guajava* L. e *Ocimum basilicum* L. Os hidrolatos das folhas secas dos vegetais foram produzidos por Hidrodestilação em Aparelho de Clevenger de acordo com a seguinte descrição: folhas secas de cada vegetal (alecrim, goiabeira, orégano e manjeriço) em água destilada, na proporção 1:6, mantidos por 3 horas na hidrodestilação em Aparelho de Clevenger. Após a obtenção, cada hidrolato foi coletado em frascos âmbar esterilizados e mantidos sob refrigeração (Figura 6).

Figura 6: Produção de Hidrolatos por hidrodestilação em Aparelho de Clevenger.



Fonte: Este trabalho, (2025).

2.3 Aquisição dos Fungos

Os inóculos dos Filamentosos *Aspergillus niger* (IOC 207) e *Aspergillus niger* anemófilo e Leveduras *Candida albicans* (ATCC 14053) e *Candida albicans* amostra clínica (SisGen: A009189), foram adquiridos na Coleção de Fungos da Universidade Federal do Maranhão (UFMA), localizada no Núcleo de Imunologia Básica e Aplicada (NIBA) do Departamento de Patologia (DEPAT) do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde (CCBS).

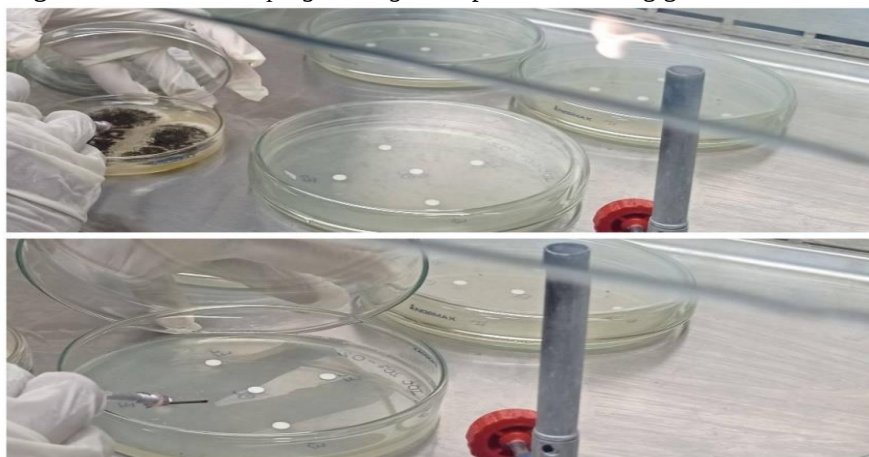
Vale ressaltar que os testes de sensibilidade antifúngica foram realizados parte no Laboratórios de Microbiologia e de Micologia, ambos do NIBA, e parte no Laboratório de Microbiologia do DEPAT. A extração dos hidrolatos foi executada no Laboratório de Extratos e Óleos Naturais do NIBA. Todos os Laboratórios fazem parte do CCBS/UFMA.

2.4 Teste de sensibilidade antifúngica por difusão em disco

2.4.1 Cepas dos filamentosos

A atividade antimicrobiana contra as estirpes de *Aspergillus niger* IOC 207 e *Aspergillus niger* anemófilo foi analisada por meio do teste de disco-difusão em meio, seguindo segundo o método Reis *et al.*(2020) adaptado. Inicialmente, a estirpe foi reativada em meio Agar Dextrose Batata (PDA) em incubadora B.O.D. a 28 °C por 5 dias. Em seguida, em discos brancos estéreis foram impregnados com 10uL os hidrolatos de *Rosmarinus officinalis*, *Origanum vulgare*, *Psidium guajava* L. e *Ocimum basilicum* L e posicionados de forma equidistante e ao centro como controle positivo, 10µL do antifúngico de clotrimazol (10mg/mL) e subsequente foram retirados pedaços do micélio vegetativo do fungo e posicionados em quatro pontos das placas de Petri (Figura 7). Os testes foram conduzidos em triplicata e duplicata. As placas foram incubadas na B.O.D a 28 °C por 5 dias.

Figura 7: Cultivo de *Aspergillus niger* em placa de antifungigrama.



Fonte: Este trabalho, (2025).

2.4.2 Cepas das leveduras

Considerou-se a metodologia descrita em Reis *et al.* (2020) adaptada, e assim avaliou-se a atividade antimicrobiana dos hidrolatos frente as estirpes das leveduras *Candida albicans* ATCC 14053 e *Candida albicans* clínica pela técnica de disco-difusão.

As estirpes das leveduras foram semeadas em Ágar Batata Dextrose (PDA) e incubados permanecendo por 48 horas. Em seguida, as concentrações celulares dos inóculos foram padronizadas por espectrofotometria, utilizando uma solução salina a 0,9%. Os valores foram ajustados para $1,5 \times 10^8$ UFC/mL, correspondente a 0,5 na escala de Mac Farland, por meio de um espectrofotômetro UV/VIS (modelo UV-M51), operando a um comprimento de onda de 625 nm. Após a padronização, inoculou-se as suspensões das leveduras *Candida albicans* ATCC 14053 e *Candida albicans* clínica em placas de Petri grandes contendo Ágar Batata Dextrose, respectivamente (Figura 8).

Figura 8: Padronização da suspensão de leveduras conforme escala de MacFarland inoculação de placas.



Fonte: Este trabalho, (2025).

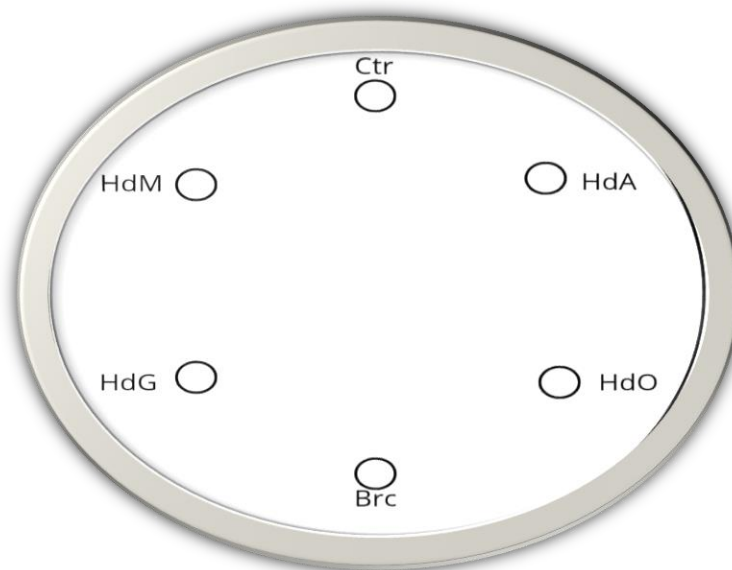
Quatros discos brancos estéreis foram impregnados com 10µL de cada Hidrolato, sendo eles: Hidrolato de Alecrim (HdA), Hidrolato de Orégano (HdO), Hidrolato de Goiabeira (HdG) e Hidrolato de Manjerição (HdM) e em seguida foram inseridos na placa com os inóculos, de maneira equidistantes.

Como controle positivo foi colocado 10µL de Clotrimazol (10mg/mL) em disco, e como controle negativo foi colocado 10µL de água destilada estéril em disco e postos na mesma placa nas extremidades.

Na Figura 9, está explicitado como foi feita as disposições dos discos.

Os testes foram feitos em triplicata e repetidos em duplicata. Colocou-se o cultivo na estufa à 35°C, cumprindo o tempo de 48 horas.

Figura 9: Disposição dos discos/poços nas placas.



Fonte: Este trabalho, (2025).

2.5 Teste de sensibilidade antifúngica por difusão em poço

2.5.1 Cepas dos filamentosos

A atividade antimicrobiana frente a cepa de *Aspergillus niger* IOC 207 e *Aspergillus niger* anemófilo foi avaliada mediante o teste difusão em poço meio segundo o método Vela *et al.*(2025) adaptado.

Os poços foram feitos utilizando uma ponteira estéril de 5mm, sendo quatro equidistantes e dois na extremidade. A disposição dos poços é a mesma do discos, visualizado na Figura 9.

Posteriormente, foram adicionados 100uL de cada Hidrolato sendo eles: Hidrolato de Alecrim (HdA), Hidrolato de Orégano (HdO), Hidrolato de Goiabeira (HdG) e Hidrolato de Manjerição (HdM), em cada poço de maneira equidistantes e nas extremidades da placa como controle positivo 100µL de Clotrimazol - Cl (10mg/mL), e como controle negativo 100µL de Água Destilada estéril (Branco - Br).

Logo a seguir foram retirados pedaços do micélio vegetativo do fungo posicionados em quatro pontos das placas de Petri. Os testes foram conduzidos em triplicata. As placas foram incubadas na B.O.D a 28 °C por 5 dias.

2.5.2 Cepas das leveduras

Considerou-se a metodologia descrita em Vela *et al.* (2025) de forma adaptada e assim avaliou-se a atividade antimicrobiana dos hidrolatos frente das leveduras *Candida albicans* ATCC 14053 e *Candida albicans* clínica pela técnica de disco-difusão.

Adotou-se os mesmos procedimentos de padronização das cepas de *Candida albicans* (ATCC 14053) e *Candida albicans* clínica, para obtenção da suspensão correspondente a 0,5 na escala de Mac Farland. Após a padronização, inoculou-se as suspensões das leveduras *Candida albicans* ATCC 14053 e *Candida albicans* clínica em placas de Petri grandes contendo Ágar Batata Dextrose, respectivamente. Os poços foram feitos utilizando uma ponteira estéril de 5mm, sendo quatro equidistantes e um central. Em seguida, foram adicionados com 100uL do Hidrolato de Alecrim (HdA), Hidrolato de Orégano (HdO), Hidrolato de Goiabeira (HdG) e Hidrolato de Manjerição (HdM), respectivamente nos poços equidistantes e nas extremidades 100µL de Clotrimazol - Cl (10mg/mL) como controle positivo, e Água Destilada estéril (Branco – Br) como controle negativo. Colocou-se o cultivo na estufa à 35°C, cumprindo o tempo de 48 horas.

Os testes foram feitos em triplicata e repetidos em duplicata.

2.6 Caracterização Química dos Hidrolatos

Para as Análises Químicas foram feitas as extrações de cada amostra: Hidrolato de Alecrim (HdA), Hidrolato de Orégano (HdO), Hidrolato de Goiabeira (HdG) e Hidrolato de Manjerição (HdM).

Os componentes voláteis foram identificados através da técnica analítica da Cromatografia a Gás acoplada à Espectrometria de Massas (CG-MS): Cromatógrafo Shimadzu, GC2010 plus, com amostrador automático AOC6000, acoplado ao espectrômetro de massas QP-2020.

Realizou-se extração líquido-líquido misturando 1mL da amostra e 1mL de hexano, e separou-se a parte apolar (hexano) para injeção no GC-MS. O volume de injeção foi de 1uL e os detalhes do método cromatográfico seguem abaixo:

- a) Cromatógrafo - Programação de temperatura na coluna: 40°C mantidos por 6 minutos, com elevação da temperatura a uma taxa de 10°C/min até 240°C, que foram mantidos por 10 min; Injetor: mantido a 250.00 °C, operando no modo "split" com razão de 1:10; fluxo na coluna: fluxo inicial de 1,0 mL/min, controlado pela velocidade linear, mantida em 36cm/s.
- b) Espectrômetro de Massas - Temperatura da interface: 240.00 °C; Temperatura fonte de íons: 230.00 °C; Modo de operação: SCAN; Tempo de scan: 0.3 segundos; Velocidade de scan: 1666m/z/s; Intervalo de varredura de massa: 45 a 500 m/z; Tempo total de corrida: 36 minutos.

A identificação dos componentes voláteis foi feita por comparação dos espectros de massas e dos tempos de retenção com os existentes na Biblioteca do Sistema de Dados NIST17.

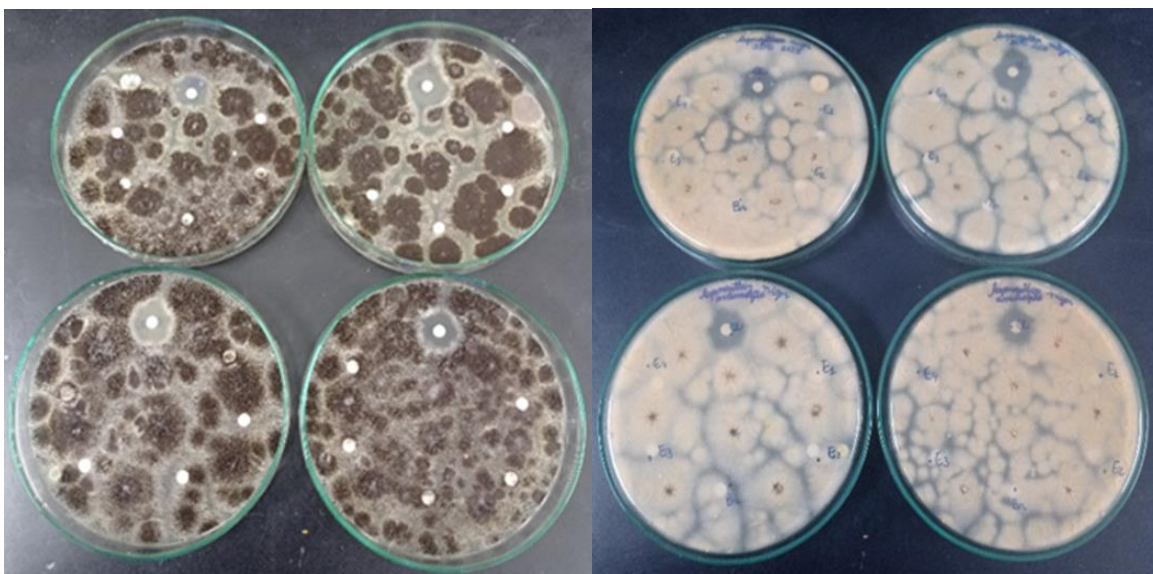
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Teste de sensibilidade antifúngica por difusão em disco

3.1.1 Cepas dos filamentosos

Após cinco dias de incubação dos inóculos de *Aspergillus niger* IOC 207 com os tratamentos, não foi observada a formação de halos de inibição ao redor dos discos com hidrolatos, somente halo em torno do controle positivo. E nos inóculos de *Aspergillus niger* anemófilo também não houve halo de inibição ao redor dos hidrolatos, apenas ao redor do clotrimazol (Figura 10).

Figura 10: Imagem do teste de difusão em discos: *Aspergillus niger* IOC 207 (superior) e *Aspergillus niger* anemófilo (inferior).

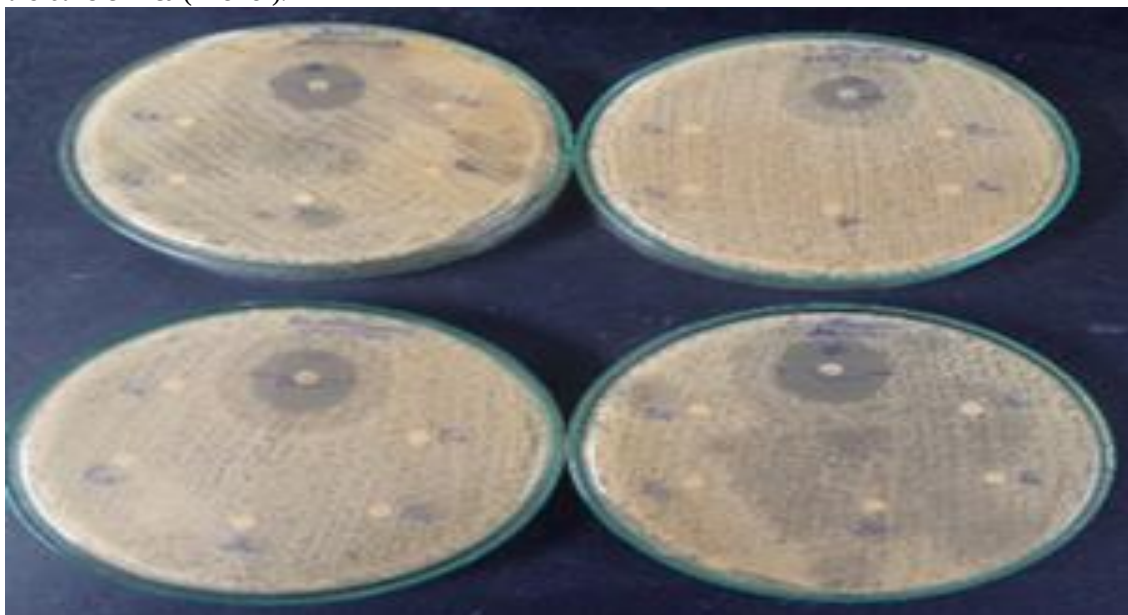


Fonte: Este trabalho, (2025).

3.1.2 Cepas das leveduras

Passadas as 48h, verificou-se as cepas das leveduras *Candida albicans* ATCC 14053 e *Candida albicans* clínica, e em ambas, não houve halo de inibição em torno dos discos com hidrolatos, apenas em torno do antifúngico clotrimazol. Na *Candida albicans* ATCC 14053 a média do halo de inibição foi de 20mm e da *Candida albicans* clínica a média do halo de inibição foi de 21mm (Figura 11).

Figura 11: Imagem do teste de difusão em discos: *Candida albicans* ATCC 14053 (superior) e *Candida albicans* clínica (inferior).



Fonte: Este trabalho, (2025).

Explanando os resultados do teste de sensibilidade antifúngica por Difusão em Disco no Quadro 1, ver-se que o HdA, HdO, HdG, HdM e Br, este último que é o solvente Água Destilada, não tiveram ação antifúngica contra as cepas pesquisadas, tanto os filamentosos, *Aspergillus niger* IOC 207 e *Aspergillus niger* anemófilo, quanto as leveduras, *Candida albicans* ATCC 14053 e *Candida albicans* clínica. Somente com o Ctr (10mg/mL) obteve-se resultado positivo contra todas as cepas fúngicas.

Quadro 1: Resultados do Teste de difusão em discos – halo de inibição em milímetro do Clotrimazol (Ctr), Hidrolatos e Branco(Br) frente às estirpes de fungos filamentosos e leveduras.

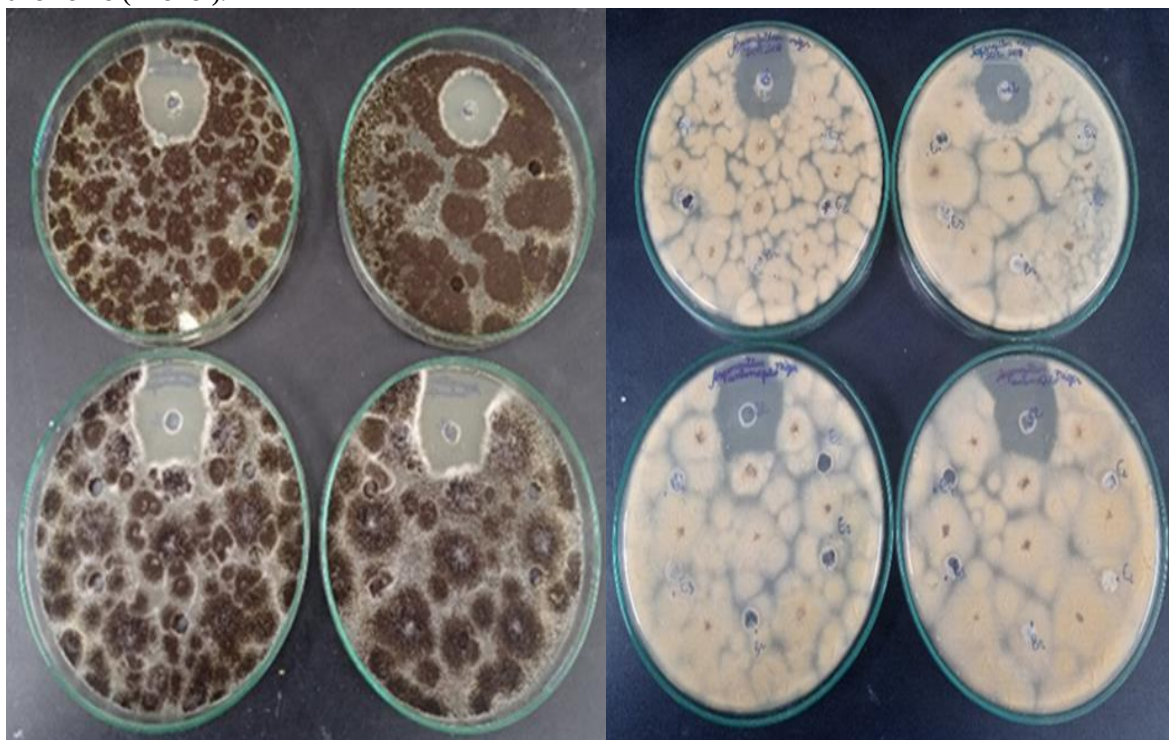
Cepas	Tratamento halo de inibição - milímetro					
	Ctr	HdA	HdO	HdG	HdM	Br
<i>Aspergillus niger</i> IOC 207	~20,0 mm	0	0	0	0	0
<i>Aspergillus niger</i> anemófilo	~24,5 mm	0	0	0	0	0
<i>Candida albicans</i> ATCC 14053	23,5 mm	0	0	0	0	0
<i>Candida albicans</i> clínica	28 mm	0	0	0	0	0

3.2 Teste de sensibilidade antifúngica por difusão em poço

3.2.1 Cepas dos filamentosos

Depois de cinco dias de incubação dos inóculos de *Aspergillus niger* IOC 207 com os tratamentos, não foi observada a formação de halos de inibição ao redor dos poços com hidrolatos, somente halo em torno do controle positivo, ficando torno de 50mm a média das triplicatas. E os inóculos de *Aspergillus niger* do ar com os tratamentos também não houve halo de inibição ao redor dos hidrolatos, apenas ao redor do clotrimazol, sendo a média das triplicatas 45mm (Figura 12).

Figura 12: Imagem do teste de difusão em poços: *Aspergillus niger* IOC 207 (superior) e *Aspergillus niger* anemófilo (inferior).

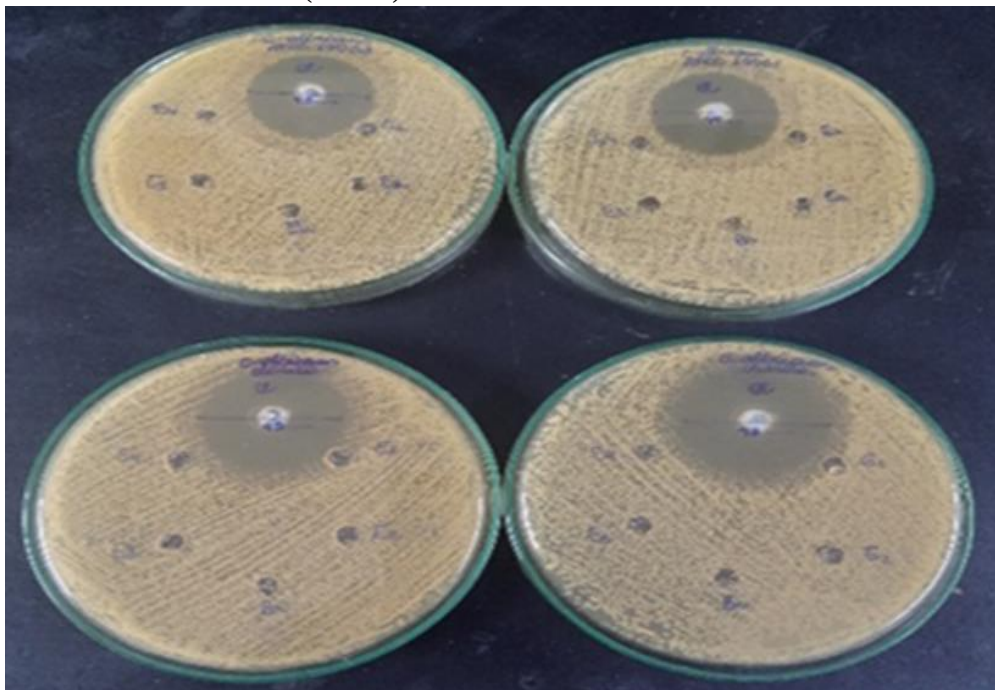


Fonte: Este trabalho, (2025).

3.2.2 Cepas das leveduras

Observou-se as cepas das leveduras após 48h, e em ambas, não houve halo de inibição em torno dos discos com hidrolatos, apenas em torno do antifúngico clotrimazol. Na *Candida albicans* ATCC 14053 a média do halo de inibição do clotrimazol posicionado no centro foi de 45mm. E na *Candida albicans* clínica a média do halo de inibição do clotrimazol foi de 40,66mm (Figura 13).

Figura 13: Imagem do teste de difusão em poços: *Candida albicans* ATCC 14053 (superior) e *Candida albicans* clínica (inferior).



Fonte: Este trabalho, (2025).

O Quadro 2 retrata de forma clara e sucinta os resultados do ensaio por meio de Difusão em Poço.

Quadro 2: Resultados do Teste de difusão em poços - halo de inibição em milímetro do Clotrimazol(Cl), Hidrolatos, e Branco(Br) frente às estirpes de fungos filamentosos e leveduras.

Cepas	Tratamento halo de inibição - milímetro					
	Ctr	HdA	HdO	HdG	HdM	Br
<i>Aspergillus niger</i> IOC 207	~35,0 mm	0	0	0	0	0
<i>Aspergillus niger</i> anemófilo	~40,0 mm	0	0	0	0	0
<i>Candida albicans</i> ATCC 14053	43,5 mm	0	0	0	0	0
<i>Candida albicans</i> clínica	45,5 mm	0	0	0	0	0

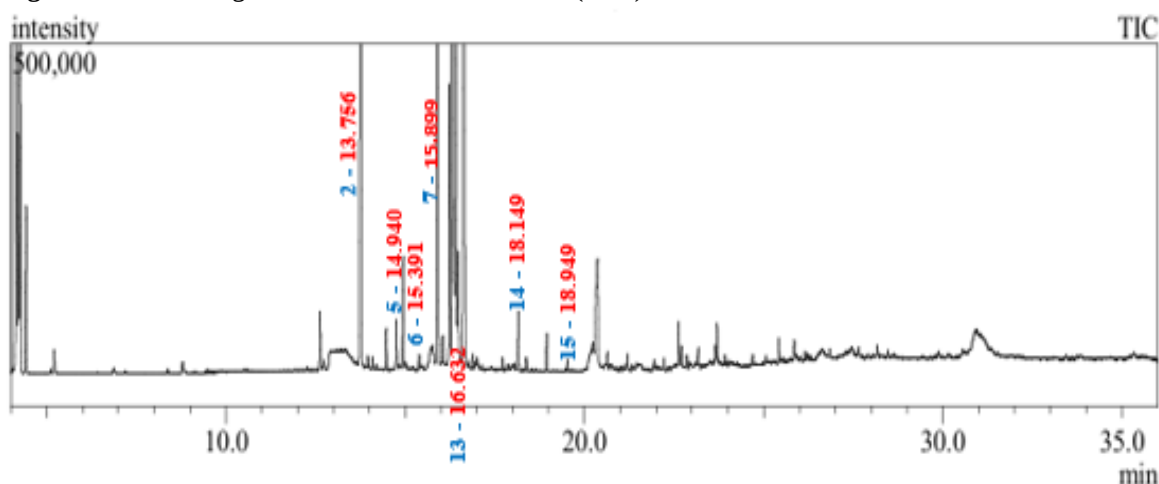
A pesquisa de Reis *et al.* (2023) constata que o hidrolato orgânico de *Lavandula dentata* não demonstrou atividade antifúngica contra as cepas *Candida albicans* ATCC 10231, *Candida parapsilosis* ATCC 22019, *Cryptococcus neoformans* var. *grubii* ATCC 90113 e também não apresentou atividade antibactericida contra as cepas *Escherichia coli* ATCC 8739, *Mycobacterium tuberculosis* ATCC 25177, *S. aureus* ATCC 6538, *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Streptococcus pyogenes* ATCC 19615, ratificando assim que alguns hidrolatos não possuem propriedades antifúngica.

3.3 Caracterização Química dos Hidrolatos

Por meio da Cromatografia Gasosa acoplada à Espectrometria de Massas (CG-MS), foi possível separar e identificar cinco componentes presentes dos Hidrolatos.

Na Figura 14 estão apresentados sete (07) constituintes do Hidrolato de Alecrim (HdA), seguindo a ordem de eluição.

Figura 14: Cromatograma do Hidrolato de Alecrim (HdA).



Fonte: Instituto de Química – UNESP.

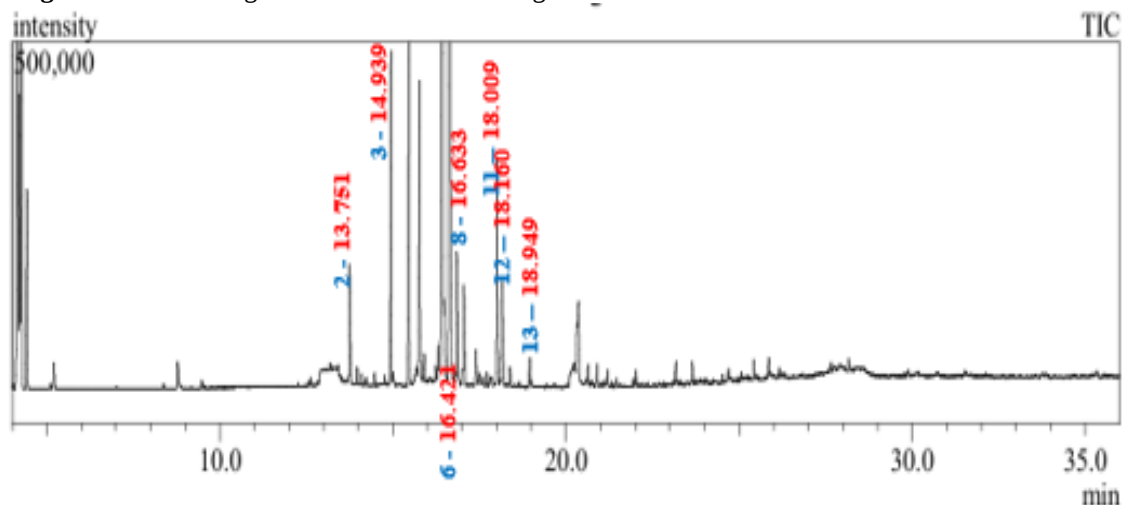
No Quadro 3, estão descritos os compostos encontrados no Hidrolato de Alecrim (HdA).

Quadro 3: Principais Componentes Químicos identificados no HdA.

Nº	Pico	Tr(min)	Substância identificada HdA	Teor (%)
I	2	13.756	Eucaliptol	45.73
II	7	15.899	Cânfora	24.16
III	10	16.310	Isoborneol	10.41
IV	13	16.632	L-alfa-terpineol	9.35

Na Figura 15 pode-se ver sete (07) espectros dos constituintes do Hidrolato de Orégano (HdO), dispostos conforme a ordem de eluição.

Figura 15: Cromatograma do Hidrolato de Orégano.



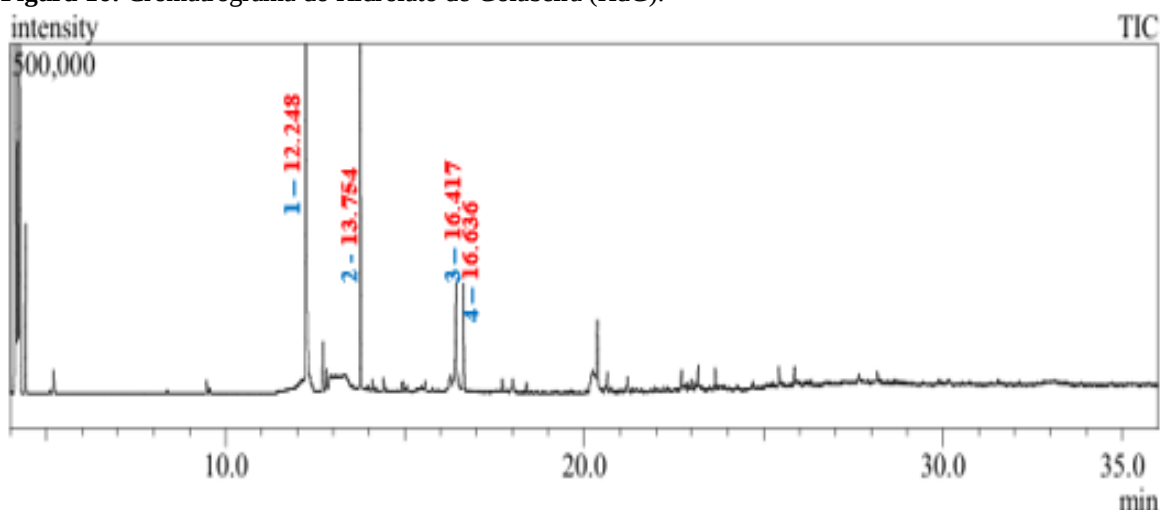
Fonte: Instituto de Química – UNESP

No Quadro 4 estão retratados os compostos encontrados no Hidrolato de Orégano (HdO).

Quadro 4: Principais Componentes Químicos identificados no HdO.

Nº	Pico	Tr(min)	Substância identificada HdO	Teor (%)
I	2	13.751	Eucaliptol	1.32
II	3	14.939	Linalol	3.77
III	4	15.457	Cis-p-Ment-2-en-1-ol	4.48
IV	5	15.762		3.72
V	6	16.421	Terpinen-4-ol	59.17
VI	8	16.633	L-.alpha.-Terpineol	19.32
VII	11	18.009	Timol	2.69
VIII	12	18.160	Indol	1.62
IX	13	18.949	Eugenol	0.17

Na Figura 16 estão descritos quatro (04) espectros dos constituintes do Hidrolato de Orégano (HdO), em conformidade com a ordem de eluição.

Figura 16: Cromatograma do Hidrolato de Goiabeira (HdG).

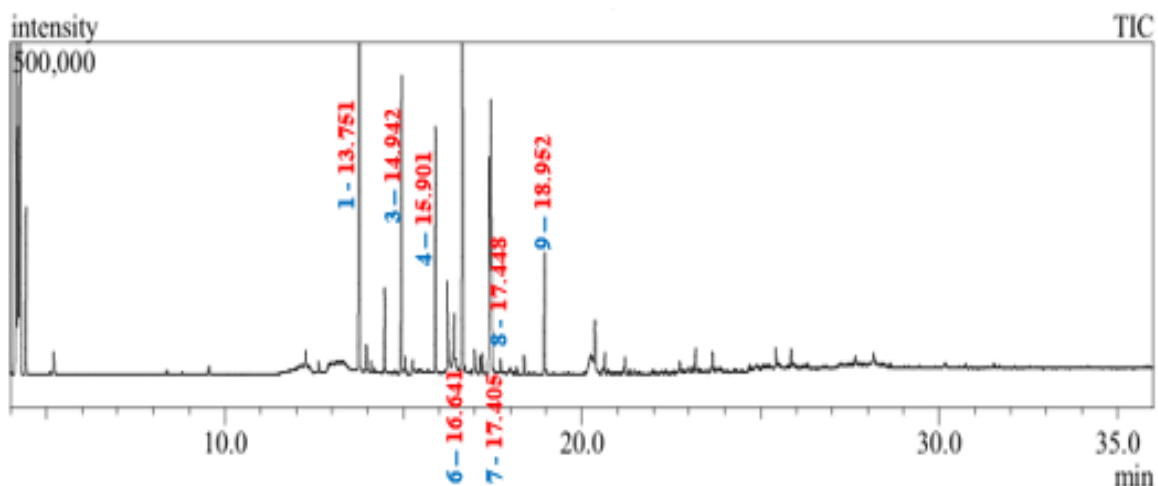
Fonte: Instituto de Química – UNESP

No Quadro 5, estão descritos os compostos encontrados no Hidrolato de Goiabeira (HdG).

Quadro 5: Principais Componentes Químicos identificados no HdG.

Nº	Pico	Tr(min)	Substância identificada HdG	Teor (%)
I	1	12.248	Benzaldeído	68.20
II	2	13.754	Eucaliptol	20.96
III	3	16.417	Terpinen-4-ol	5.36
IV	4	16.636	Alfa-terpineol	5.48

E na Figura 17 estão especificados sete (07) espectros dos constituintes do Hidrolato de Manjeriço (HdM), de acordo com a ordem de eluição.

Figura 17: Cromatograma do Hidrolato de Manjeriço (HdM).

Fonte: Instituto de Química – UNESP

E no Quadro 6, estão detalhados os compostos encontrados no Hidrolato de Manjerição (HdM).

Quadro 6: Principais Componentes Químicos identificados no HdM.

Nº	Pico	Tr(min)	Substância identificada HdM	Teor (%)
I	1	13.751	Eucaliptol	48.41
II	3	14.942	Linalol	7.67
III	4	15.901	(+)-2-Bornanona	6.65
IV	6	16.641	Alfa-terpineol	16.58
V	7	17.405	D-Carvona	5.80
VI	8	17.448	Acetato de Eugenol	7.47
VII	9	18.952	Eugenol	3.10

Quanto à caracterização química, Nazir e Gangoo (2022), mostram que os compostos eugenol, timol, linalol, benzaldeído, eucaliptol, terpinen-4-ol, indol, cânfora, alfa-terpineol, carvona, bornanona apresentam ações antimicrobiana, mas os hidrolatos de alecrim, orégano, goiabeira e manjerição, mesmo contendo essas substâncias citadas, não apresentaram ação contra as cepas fúngicas pesquisadas. Presumi-se que é devido à baixa quantidade desses princípios ativos.

4. CONCLUSÃO

Embora o resultado com os hidrolatos de de alecrim, orégano, goiabeira e manjerição não tenha sido como o esperado, sabe-se da relevância desses produtos, inclusive que alguns hidrolatos já são comercializados e têm propriedades antimicrobianas.

Este trabalho reforça a importância da sustentabilidade do hidrolato, um subproduto do óleo essencial, que ao ser utilizado contribui para economia circular na área química e tem grande valia em diversos setores deste a aromaterapia, cosmetologia ao ramo alimentício, dentre outros.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As metas de extração do Hidrolatos das folhas dos vegetais *Rosmarinus officinalis*, *Origanum vulgare*, *Psidium guajava* L., e *Ocimum basilicum* L. e caracterização química desses produtos foram atingidas. No entanto para a avaliação da atividade antifúngica dos hidrolatos de *Rosmarinus officinalis*, *Origanum vulgare*, *Psidium guajava* L. e *Ocimum basilicum*, frente as leveduras *Candida albicans* ATCC 14053 e clínica e filamentosos *Aspergillus niger* IOC 2027 e anemófilo, o resultado foi negativo, impossibilitando assim o desenvolvimento de um bioproduto com ação antifúngica.

Ressalta-se que este trabalho pode expandir possibilidades de testes com estes hidrolatos frente a outros microorganismos como bactérias e fungos diferentes dos pesquisados.

REFERÊNCIAS

ALVES, Rita de Nazaré Silva. Atividade antioxidante, antitumoral e antimicrobiana de metabólitos secundários de cepas do gênero *Fusarium*. 2021. 82 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Saúde do Adulto e da Criança/CCBS) - Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2021.

BARROS, D. B., NASCIMENTO, N. S., SOUSA, A. P., BARROS, A. V., BORGES, Y. W. B., et al. (2023). Antifungal activity of terpenes isolated from the Brazilian Caatinga: a review. *Brazilian journal of biology = Revista brasleira de biologia*, 83, e270966. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.270966>

BHATTACHARYA, Somanon; SAE-TIA, Sutthichai; FRIES, Bettina C. Candidiasis and mechanisms of antifungal resistance. *Antibiotics*, [S. l.], v. 9, n. 6, p. 1–19, 2020. ISSN: 20796382. DOI: 10.3390/antibiotics9060312.

CERRI, A. C., & ESMERINO, L. A. (2022). Atividade antimicrobiana e efeito antibiofilme de óleos essenciais: um estudo comparativo: Antimicrobial activity and antibiofilm effect of essential oils: a comparative study. *Brazilian Journal of Development*, 8(11), 73850–73863. <https://doi.org/10.34117/bjdv8n11-204>

CID-CHEVECICH C., MÜLLER-SEPÚLVEDA A., JARA J.A., et al. Origanum vulgare L. essential oil inhibits virulence patterns of *Candida* spp. and potentiates the effects of fluconazole and nystatin in vitro. *BMC Complement Med Ther*. 2022;22(1):39. Published 2022 Feb 9. doi:10.1186/s12906-022-03518-z

DRAWANZ, B. B., BUENO, T. da R., BOCCHESI, C. A. C., BEZ, F. S., & ANTUNES, L. E. G. (2020). Óleos essenciais e hidrolatos de orégano e cravo-da-índia sobre o desenvolvimento micelial de *Botrytis cinerea* isolado de morangos. *Revista Verde De Agroecologia E Desenvolvimento Sustentável*, 15(4), 341–345. <https://doi.org/10.18378/rvads.v15i4.7952>

FARFUS, A. P.; TEIXEIRA, S. D.; PEREIRA, E. A.; SANTOS, V.A.Q.; TOMAZINI, V. B.; ZANOLO, T. A.; SARTOR, J. F. Avaliação da cinética de secagem e atividade antimicrobiana do óleo essencial e hidrolato da parte aérea de *Panc Stachys byzantina*. *Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento*, [S. l.], v. 17, pág. e84101724265, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i17.24265.

GUTIERREZ-MONTIEL D, GUERRERO-BARRERA A.L., CHÁVEZ-VELA N.A., AVELAR-GONZALEZ F.J., ORNELAS-GARCÍA I.G. *Psidium guajava* L.: From byproduct and use in traditional Mexican medicine to antimicrobial agent. *Front Nutr*. 2023 Jan 24;10:1108306. doi: 10.3389/fnut.2023.1108306. PMID: 36761221; PMCID: PMC9902774.

MARINO A., NOSTRO A., MANDRAS N., ROANA J., GINESTRA G., MICELI N., TAVIANO M.F., GELMINI F., BERETTA G., TULLIO V. Evaluation of antimicrobial activity of the hydrolate of *Coridothymus capitatus* (L.) Reichenb. fil. (Lamiaceae) alone and in combination with antimicrobial agents. *BMC Complement Med Ther*. 2020 Mar 17;20(1):89. doi: 10.1186/s12906-020-2877-x. PMID: 32183792; PMCID: PMC7076923.

MASYITA A., SARI R.M., ASTUTI A. D., et al. Terpenes and terpenoids as main bioactive compounds of essential oils, their roles in human health and potential

application as natural food preservatives. *Food Chem X*. 2022;13:100217. Published 2022 Jan 19. doi:10.1016/j.fochx.2022.100217

NADEEM H.R., AKHTAR S., SESTILI P., Ismail T., NEUGART S., QAMAR M., Esatbeyoglu T. Toxicity, Antioxidant Activity, and Phytochemicals of Basil (*Ocimum basilicum* L.) Leaves Cultivated in Southern Punjab, Pakistan. *Foods*. 2022 Apr 26;11(9):1239. doi: 10.3390/foods11091239. PMID: 35563962; PMCID: PMC9102432.

NAZIR, I., & GANGOO, S. A. (2022). Pharmaceutical and Therapeutic Potentials of Essential Oils. *IntechOpen*. doi: 10.5772/intechopen.102037

OLIVEIRA, J., Barreto, A., SILVA, L., & RHODEN, S. (2021). Fungos, diversidade e prospecção no Brasil: Um recurso pouco explorado?. *Metodologias E Aprendizado*, 4, 149–163. <https://doi.org/10.21166/metapre.v4i.1959> (Oliveira et al., 2021)

OLIVEIRA, Vanessa Caroline de *et al.* Efeitos antimicrobianos de extratos naturais para conservação de frutas e hortaliças: Revisão de Literatura. *In: OLIVEIRA, Vanessa Caroline de et al. (Aut.). Pesquisas e Avanços em Microbiologia de Alimentos*. 1 ed. III Semana Nacional da Microbiologia de Alimentos na Indústria: AGRON FOOD ACADEMY, 2023. cap. 15. p. 150-162, ISBN: 978-65-85062-08-4. (Oliveira, 2023)

PEREIRA, E. B. S. S.; SOUZA, E. M., COSTA, E. C., LORENZO, V. P., & DE JESUS, F. N. (2022). Atividade larvicida do extrato aquoso e do hidrolato das folhas de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan sobre o *Aedes aegypti*. *Revista Semiárido De Visu*, 10(1). <https://doi.org/10.31416/rsdv.v10i1.25>

REIS, T. C.; PEREIRA, M. C.; GONÇALVES, C. P.; COSTA, F. E. de C. . Evaluation of the antibacterial and antifungal potential of organic hydrolate and organic essential oil from *Lavandula dentata* L. (Lamiaceae). *Research, Society and Development, [S. l.]*, v. 11, n. 14, p. e95111436076, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i14.36076.

SOLTANI S., SHAKERI A., IRANSHAHI M., BOOZARI M. A Review of the Phytochemistry and Antimicrobial Properties of *Origanum vulgare* L. and Subspecies. *Iran J Pharm Res*. 2021 Spring;20(2):268-285. doi: 10.22037/ijpr.2020.113874.14539. PMID: 34567161; PMCID: PMC8457725.

THIEL, R. R., & EHRHARDT, A. (2021). Avaliação da ação do extrato in natura de *Rosmarinus officinalis* em cepas de *Candida* spp. *SaBios-Revista de Saúde e Biologia*, 16(1), 1–10. <https://doi.org/10.54372/sb.2021.v16.3105>

VELA, S. G; COURNOYER, A.; REINOSO, Z. S.; BAZINET, L. Antimicrobial Peptides from Porcine Blood Cruor Hydrolysates as a Promising Source of Antifungal Activity. *Foods* 2025, 14, 8. <https://doi.org/10.3390/foods14010008>

ZAKARIA, L. Uma Visão Geral das Espécies de *Aspergillus* Associadas a Doenças de Plantas. *Pathogens* 2024, 13 , 813. <https://doi.org/10.3390/pathogens13090813>