

## CAPÍTULO 4

# PERFIL QUÍMICO E ATIVIDADE ANTIBACTERIANA DO ÓLEO ESSENCIAL DOS BULBILHO DE *Allium sativum* L. EM COMPARAÇÃO COM ALICINA: UMA REVISÃO DE LITERATURA

Data de submissão: 07/10/2024

Data de aceite: 01/11/2024

### **José Ricardo Ferreira Guedes**

Centro Universitário Dr. Leão Sampaio –  
UniLeão, Juazeiro do Norte, CE

### **José Walber Gonçalves Castro**

Centro Universitário Dr. Leão Sampaio –  
UniLeão, Juazeiro do Norte, CE

### **Priscilla Ramos Freitas**

Centro Universitário Dr. Leão Sampaio –  
UniLeão, Juazeiro do Norte, CE

### **Lariza Leisla Leandro Nascimento**

Universidade Regional do Cariri,  
Departamento de Química Biológica,  
Crato, CE

### **José Weverton Almeida-Bezerra**

Universidade Regional do Cariri,  
Departamento de Química Biológica,  
Crato, CE

### **Ademar Maia Filho**

Universidade Regional do Cariri,  
Departamento de Ciências Biológicas,  
Crato, CE

### **Maria Hellena Garcia Novais**

Universidade Federal do Cariri, Barbalha, CE

### **Germana de Alencar Maia Luz**

Universidade Federal do Piauí, Teresina, PI

### **Francisco Sydney Henrique Félix**

Universidade Estadual do Ceará,  
Fortaleza, CE

### **Xenia Germana Rodovalho de Alencar**

Universidade Regional do Cariri,  
Departamento de Ciências Biológicas,  
Crato, CE

### **Luiz Filipi Teles Feitosa**

Centro Universitário Estácio do Ceará,  
Fortaleza, CE

### **Damiana Gonçalves de Sousa Freitas**

Universidade Regional do Cariri,  
Departamento de Ciências Biológicas,  
Crato, CE

**RESUMO:** Os bulbilhos do Alho (*Allium sativum*) são uma valiosa fonte de compostos bioativos responsáveis por diversos benefícios para a saúde. A alicina, seu principal constituinte, é formada quando o alho é cortado ou esmagado, pela ação da enzima alliinase, convertendo *Alliin* em alicina. Esta molécula apresenta propriedades antimicrobianas contra bactérias, fungos e vírus, além de propriedades antioxidantes, podendo ser aplicada em medicina tradicional,

nutracêuticos e produtos de cuidados pessoais. Diante disso este estudo tem como objetivo analisar o perfil químico e a atividade antibacteriana do óleo essencial dos bulbos de *Allium sativum* L. em comparação com alicina. Trata-se de um estudo de revisão integrativa da literatura com abordagem descritiva, projetada para abordar de maneira imparcial e abrangente todos os aspectos de um tema específico. A coleta de dados foi realizada nos meses de fevereiro a julho através de bases de dados acessíveis. Foram incluídos no estudo artigos publicados entre os anos de 2005 a 2024 nos idiomas inglês, português e espanhol. Ao final desse estudo conclui-se que o perfil químico dos bulbos de *Allium sativum* L. possui potencial contribuinte para a investigação da atividade antibacteriana do seu óleo essencial, em comparação com a alicina. Portanto, explorar e compreender melhor essas potencialidades pode abrir caminho para novas aplicações terapêuticas e benefícios à saúde.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Allium Sativum* L. Antibacteriano. Alicina. Perfil químico. Revisão.

## CHEMICAL PROFILE AND ANTIBACTERIAL ACTIVITY OF ESSENTIAL OIL FROM BULBS OF *Allium sativum* L. IN COMPARISON WITH ALLICIN: A LITERATURE REVIEW

**ABSTRACT:** Garlic bulbs (*Allium sativum*) are a valuable source of bioactive compounds responsible for several health benefits. Allicin, its main constituent, is formed when garlic is cut or crushed by the action of the enzyme alliinase, converting Alliin into allicin. This molecule has antimicrobial properties against bacteria, fungi and viruses, in addition to antioxidant properties, and can be applied in traditional medicine, nutraceuticals and personal care products. Therefore, this study aims to to analyze the chemical profile and antibacterial activity of the essential oil from the bulbs of *Allium sativum* L. in comparison with allicin. This is an integrative literature review study with a descriptive approach, designed to address all aspects of a specific topic in an impartial and comprehensive manner. Data collection was carried out from February to July through accessible databases. Articles published between 2005 and 2024 in English, Portuguese and Spanish were included in the study. At the end of this study, it was concluded that the chemical profile of the bulbs of *Allium sativum* L. has the potential to contribute to the investigation of the antibacterial activity of its essential oil, in comparison with allicin. Therefore, exploring and better understanding these potentialities can pave the way for new therapeutic applications and health benefits.

**KEYWORDS:** *Allium Sativum* L. Antibacterial. Allicin. Chemical profile. Review.

## 1 | INTRODUÇÃO

Através dos tempos, as plantas medicinais tiveram um papel fundamental como fonte de remédios naturais e na descoberta de novos tratamentos. O uso da fitoterapia como parte integrante da prática médica está se tornando cada vez mais comum em diversos países, incluindo o Brasil. A utilização de plantas medicinais é facilitada pela ampla diversidade de espécies vegetais e pelo custo acessível associado à terapia, o que desperta interesse tanto nos programas de saúde quanto nos profissionais da área. Uma ampla variedade de compostos fitoquímicos ativos têm sido utilizados tanto na prevenção quanto no tratamento de doenças graves. Essa riqueza natural serve como base para

os medicamentos fitoterápicos, evidenciando sua complexidade e distinção em relação às drogas sintéticas (AHMAD et al., 2023; GADELHA et al., 2013; GUO et al., 2023)

As propriedades que combatem microrganismos encontradas nos extratos e óleos essenciais de plantas, resultado de seu processo metabólico secundário, foram empiricamente reconhecidas ao longo de muitos séculos e recentemente confirmadas pela ciência. Estudos sobre tais características em plantas nativas foram realizados em vários países, incluindo Brasil, que possui uma riqueza de flora e uma tradição duradoura no uso de plantas medicinais como agentes antibacterianos ou antifúngicos (DUARTE, 2006). Os inúmeros estudos têm se dedicado a investigar as propriedades biológicas dos óleos essenciais derivados das espécies de *Allium*, evidenciando suas notáveis atividades antioxidantes e antimicrobianas. Todos os óleos exibiram capacidade antioxidante, destacando-se a chalota e o alho-poró nesse aspecto. Além disso, apresentaram potente atividade antibacteriana, com especial ênfase para o alho, a cebola e a cebolinha chinesa. Os compostos organossulfurados presentes nessas plantas têm revelado um promissor potencial terapêutico no combate a diversas doenças, incluindo câncer e condições cardiovasculares (BASTAKI et al., 2021).

A planta *Allium sativum* L., conhecida como alho, é amplamente reconhecida por suas notáveis propriedades biológicas e medicinais, graças à sua composição rica em diversos compostos bioativos. Esses compostos incluem fenólicos, óleos essenciais, compostos sulfurados, flavonoides, substâncias voláteis, minerais e vitaminas. Tal diversidade de compostos confere ao alho uma ampla gama de benefícios para a saúde, como propriedades antioxidantes, antimicrobianas, anti-inflamatórias e cardiovasculares (SASI et al., 2021).

As espécies do gênero *Allium* possuem uma composição química complexa, caracterizada pela presença abundante de organossulfurados e polifenóis. Além disso, são fontes importantes de carboidratos, aminoácidos essenciais e vitaminas, destacando-se especialmente pela concentração significativa de flavonoides, conhecidos por sua atividade antioxidante. Estudos também têm evidenciado a eficácia antimicrobiana dessas plantas contra uma variedade de microrganismos. Essas propriedades contribuem não apenas para o valor nutricional das espécies de *Allium*, mas também para seu potencial terapêutico (FREDOTOVIĆ; PUIZINA, 2019). A alicina, um composto sulfurado presente no alho, exibe atividade antioxidante devido à sua estrutura semelhante ao dimetilsulfeto, conhecido por sua eficácia na neutralização de radicais livres. Isso resulta em efeitos benéficos na coagulação sanguínea, prevenção da aterosclerose, regulação dos níveis de colesterol e redução do estresse oxidativo. Além de suas propriedades antioxidantes, a alicina também demonstra atividade antibacteriana, antifúngica e antiparasitária (SANTOS, 2013).

A alicina é o principal constituinte responsável pelas propriedades farmacológicas do alho. Entretanto, sua eficácia pode ser comprometida por altas temperaturas ou pela ingestão simultânea de refeições ricas em proteínas, o que retarda sua absorção

pelo estômago. Portanto, futuros estudos clínicos devem considerar esses achados ao selecionar os produtos de alho para investigação. Esses resultados também fornecem diretrizes para o desenvolvimento de novas formulações que visem melhorar a absorção da alicina e, assim, potencializar os efeitos benéficos do alho (TORRES, 2021). Portanto, o presente estudo tem como objetivo analisar o perfil químico e a atividade antibacteriana do óleo essencial dos bulbilhos de *Allium sativum* L. em comparação com alicina.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi elaborado no primeiro semestre do ano de 2024. A coleta de dados foi realizada nos meses de fevereiro a julho através de bases de dados acessíveis via internet como o *Scielo*, *PubMed* e Google acadêmico, através das palavras chaves “*Allium Sativum* L”, “Antibacteriano”, “Alicina”, “Perfil químico” e “Modulação”. Foram incluídos no estudo artigos publicados entre os anos de 2005 a 2024 nos idiomas inglês, português e espanhol, sendo excluídos artigos duplicados e de anos anteriores ao que foi proposto, bem como aqueles que se caracterizam apenas no formato de resumo. Além disso, serão excluídos os artigos que, mediante leitura do título e do resumo, evidenciarem que não abordam o tema do presente trabalho.

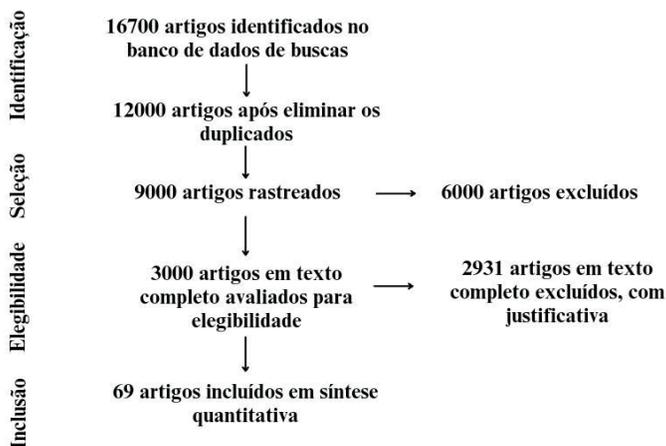


FIGURA 1 - Esquematização das etapas para seleção dos artigos.

## 3 | REVISÃO

### 3.1 Fitoterapia

O crescente interesse nos medicamentos fitoterápicos como alternativa aos tratamentos convencionais destaca a necessidade de compreender sua complexa composição de fitocompostos. Em contraste com drogas sintéticas, os fitoterápicos apresentam ações multialvo e multivias, exigindo uma avaliação cuidadosa antes do

tratamento para garantir eficácia e segurança. Este artigo explora essa importância na prática clínica (SHINKAI et al., 2023). Ao longo da história, as plantas medicinais desempenharam um papel crucial como fonte de fitoterápicos e na descoberta de novos fármacos, sendo o reino vegetal a principal fonte de medicamentos. A utilização de plantas medicinais é facilitada pela vasta diversidade vegetal e pelo baixo custo associado à terapia, o que despertou o interesse dos programas de saúde e dos profissionais da área (GADELHA et al., 2013).

Desde tempos remotos os produtos naturais têm influenciado positivamente a qualidade de vida humana. Uma vasta gama de fitoquímicos ativos tem sido incorporada tanto na prevenção quanto no tratamento de doenças graves. Essa abundância na natureza serve como base para os medicamentos fitoterápicos, destacando sua complexidade e diferenciação em relação às drogas sintéticas. Essa complexidade ressalta a necessidade de uma abordagem abrangente na prescrição de fitoterápicos na prática clínica moderna (AHMAD et al., 2023). Observa-se um aumento significativo na utilização de fitoterápicos pela população brasileira. Diversos fatores contribuem para esse crescimento, incluindo a implementação de políticas que regulamentam o uso de plantas medicinais e fitoterápicas. Além disso, avanços científicos têm possibilitado o desenvolvimento de fitoterápicos reconhecidamente seguros e eficazes. Existe também uma tendência crescente na população em buscar terapias menos invasivas e mais acessíveis em termos de custo, especialmente no contexto do atendimento primário à saúde (Borges; Sales, 2018). O quadro 1 apresenta fitoterápicos ofertados pelo SUS no Brasil.

<b>Nome popular</b>	<b>Nome científico</b>	<b>Indicação</b>
Espinheira santa	Maytenus ilicifolia	Auxilia no tratamento de gastrite e úlceras duodenal e sintomas de dispepsias.
Guaco	Mikania	Apresenta ação expectorante e broncodilatadora.
Alcachofra	Cynara scolymus	Tratamento dos sintomas de dispepsia funcional e hipercolesterolemia leve a moderada. Apresenta ação colagoga e colerética.
Aroeira	Schinus terebenthifolius	Apresenta ação cicatrizante, anti-inflamatória e antisséptica tópica, para uso ginecológico.
Cáscara-sagrada	<i>Rhamnus purshiana</i>	Auxilia nos casos de obstinação intestinal eventual.
Garra-do-diabo	Harpagophytum procumbens	Tratamento de dor lombar baixa aguda e como coadjuvante nos casos de osteoartrite. Apresenta ação anti-inflamatória.
Isoflavona-de-soja	Glycine Max	Auxilia no alívio dos sintomas do climatério.
Unha de gato	Uncaria tomentosa	Auxilia nos casos de artrites e osteoartrites, apresenta ação anti-inflamatória e imunomoduladora.
Hortelã	Mentha x piperita	Tratamento da síndrome de cólonirritável. ação anti-inflamatória e antiespasmódicas.

Babosa	Aloe vera	Tratamento tópico de queimaduras de 1° e 2° graus e como coadjuvante aos casos de psoríase vulgares.
Salgueiro	Salix alba	Tratamento de dor lombar baixa aguda. Apresenta ação anti-inflamatória.
Plantago	Plantago ovata	Auxilia nos casos de obstipação intestinal habitual. Tratamento da síndrome do cólon irritable.

**Quadro 1** - Relação de fitoterápicos ofertados pelo SUS, Brasil

**Fonte:** Borges; Sales (2018) com base em portarias do Ministério da Saúde.

A medicina chinesa, com sua abordagem multifacetada e baseada em fitoquímicos, oferece um perfil de segurança favorável e vantagens no tratamento de doenças metabólicas como o diabetes. Um exemplo é o “Comprimido de alcalóides Ramulus Mori”, desenvolvido ao longo de 21 anos pela Academia Chinesa de Ciências Médicas. Este é o primeiro novo medicamento chinês para diabetes aprovado na China em uma década (AN et al., 2023). Os estudos em três grupos étnicos na Etiópia central-sul destacam diferenças no conhecimento etnomedicinal com base em plantas. A análise revelou que a idade está positivamente associada ao conhecimento sobre plantas medicinais. As plantas *Croton macrostachyus* Hochst. Ex Delile, *Albizia gummifera* CASm., *Zingiber officinale* Roscoe, *Aloe macrocarpa* Tod., *Gymnanthemum amygdalinum* (Delile) Sch.Bip., *Calpurnia aurea* (Aiton) Benth e *Allium sativum* L., foram identificadas como importantes na medicina tradicional devido suas propriedades biológicas (TAMENE et al., 2024).

Durante três anos de colheita, as folhas de alho apresentaram teores mais elevados de vitamina C em comparação com os dentes de plantas jovens. Além disso, foi observado um conteúdo significativamente maior de polifenóis nas folhas da cultivar Ornak colhidas em maio em comparação com junho. As folhas colhidas em maio também demonstraram ser uma fonte melhor de proteína, gordura bruta e vitamina C em comparação com as folhas de plantas totalmente desenvolvidas colhidas em julho (SKOCZYLAS et al., 2023). O alho (*Allium sativum*) é reconhecido há muito tempo por suas propriedades medicinais, impulsionando o sistema imunológico e combatendo uma variedade de doenças. Os compostos sulfurados presentes no alho não apenas reduzem a pressão arterial e o colesterol, mas também impedem a formação de coágulos, diminuindo assim o risco de doenças cardiovasculares. Além disso, os dentes de alho contêm uma composição rica em água, minerais e vitaminas essenciais, incluindo A, B1, B2, B3 e C, juntamente com óleo essencial e nutrientes como cálcio, iodo, silício, ferro e selênio (BRAGA, 2020).

### 3.2 Atividade e resistência antimicrobiana

As propriedades antimicrobianas presentes nos extratos e óleos essenciais de plantas, resultado do seu metabolismo secundário, têm sido reconhecidas empiricamente

por séculos e apenas recentemente confirmadas pela ciência. Estudos sobre essas atividades em plantas nativas foram conduzidos em diversos países, como Brasil, Cuba, Índia, México e Jordânia, que possuem uma abundante flora e uma longa tradição no uso de plantas medicinais como agentes antibacterianos ou antifúngicos (DUARTE, 2006).

Para avaliar a atividade antibacteriana e antifúngica de diferentes extratos, vários métodos podem ser empregados, sendo os mais comuns: difusão em ágar por poço, disco-difusão e métodos de macrodiluição e microdiluição em caldo. Tanto os métodos de difusão em ágar quanto em caldo são amplamente reconhecidos para quantificar a atividade in vitro de agentes antimicrobianos contra isolados bacterianos específicos. Na determinação da Concentração Inibitória Mínima ou da Concentração Bactericida Mínima de extratos vegetais, o método de microdiluição em caldo é frequentemente preferido (BONA et al., 2014). O aumento da resistência de microrganismos, como fungos, aos tratamentos convencionais, juntamente com os efeitos tóxicos associados a esses tratamentos, tem impulsionado significativamente a pesquisa de plantas em busca de propriedades terapêuticas. Esse campo de estudo está cada vez mais focado em identificar plantas com atividade antimicótica, especialmente contra cepas de *Candida albicans*, uma levedura frequentemente envolvida na etiologia de infecções fúngicas (SARTO; JUNIOR, 2014).

A resistência antimicrobiana emerge como um dos principais desafios de saúde do século, estreitamente associada ao uso amplo de antibióticos e outros agentes antimicrobianos. Esse fenômeno se manifesta quando os microrganismos deixam de responder aos tratamentos medicamentosos disponíveis (ZEMEDE et al., 2024). A resistência antimicrobiana aos longos dos anos vem se dando devido a maneiras displicentes ao uso de antibióticos, aspecto esse que não engloba apenas alguns países, mas de maneira mundial. Nos últimos 20 anos, foram feitos esforços para otimizar a utilização de antibióticos em hospitais de todo o mundo como forma de enfrentar a crescente ameaça da resistência aos antibióticos. Apesar de evidências robustas que apoiam a prática ideal, a tomada de decisões sobre antibióticos permanece abaixo do ideal em muitos ambientes, inclusive em hospitais (BRISLEY; LAMBERT; RODRIGUEZ, 2023).

A utilização indiscriminada de antimicrobianos na prática, é uma ocorrência frequente. Como resultado, observa-se um aumento constante no isolamento de cepas patogênicas que apresentam resistência a múltiplos antimicrobianos. Além disso, outro aspecto preocupante é a presença de bactérias formadoras de biofilme no trato externo, o que pode dificultar a ação dos antimicrobianos e perpetuar a presença do microrganismo no ambiente (CHARANI; HOLMES, 2019).

Vários estudos investigam as propriedades biológicas dos óleos essenciais das espécies de *Allium*, destacando suas atividades antioxidante e antimicrobiana. Todos os óleos mostraram atividade antioxidante, com a chalota e o alho-poró se destacando. Além disso, apresentaram atividade antibacteriana, especialmente o alho, cebola e cebolinha chinesa. Os compostos organossulfurados dessas plantas mostraram potencial terapêutico

contra diversas doenças, incluindo câncer e doenças cardiovasculares (BASTAKI et al., 2021).

A presença de actinobactérias com habilidade de decompor polissacarídeos vegetais, como xilana, amido, celulose e pectina, desempenha um papel crucial na ciclagem de nutrientes, ao degradar moléculas complexas, contribuindo para a manutenção da vida de solos provenientes de regiões suscetíveis à desertificação conservando os componentes microbianos em ecossistemas terrestres, os microrganismos presentes no solo desempenham um papel fundamental em uma variedade de processos ecossistêmicos que são essenciais para sustentar a produção e a sustentabilidade ambiental (LOHINIVA et al., 2021).

O estado do alho para a preparação do extrato afeta diretamente a atividade antimicrobiana, em experimentos foi demonstrado que alho não cozido possui uma capacidade de inibir o crescimento de espécies fúngicas de *C. albicans*, bactérias Gram-negativas *Escherichia coli* e *Salmonella* sp. e, em menor extensão, *S. pneumoniae* Gram-positivas. O fato de cozinhar o alho por até 15 minutos resultou em zonas mínimas de inibição dos microrganismos testados (THOMAS; MCCLEAR; OMOREGIE, 2023).

Desde tempos antigos, *Allium sativum* tem sido empregado como um fitoterápico para uma variedade de enfermidades. As suas propriedades antibacterianas, antifúngicas, antivirais, anti-helmínticas e antiprotozoárias, reforçam a capacidade do alho de inibir o crescimento microbiano, corroborando descobertas anteriores. Essas constatações sugerem que o alho pode representar uma alternativa viável no tratamento de infecções bacterianas e fúngicas (FONSECA et al., 2014).

### 3.3 Composição química

A espécie *Allium sativum* L. é reconhecida por suas propriedades biológicas e medicinais notavelmente significativas, pois contém uma vasta gama de compostos bioativos. Entre esses compostos estão os fenólicos, óleos essenciais, compostos contendo enxofre, flavonoides, voláteis, minerais e vitaminas. Essa riqueza de compostos confere ao alho uma variedade de benefícios à saúde, incluindo propriedades antioxidantes, antimicrobianas, anti-inflamatórias e cardiovasculares (SASI et al., 2021).

O óleo extraído do alho foi identificado como o principal ingrediente antibacteriano, capaz de destruir a estrutura e o processo metabólico das células bacterianas. Além disso, o trissulfeto de dialila e a S-propargil-l-cisteína demonstraram capacidade de bloquear o ciclo celular na fase G2/M. Por outro lado, a S-alil-cisteína induziu a parada do ciclo celular na fase G1/S, enquanto a alicina levou à interrupção do ciclo celular durante a fase S. Os sulfetos orgânicos, como a alicina, a alina, o dissulfeto de dialila, o trissulfeto de dialila, o ajoeno e a S-alil-cisteína, são os principais componentes bioativos no alho (SHANG et al., 2019).

Os testes realizados em espécies do gênero *Allium* inibiram a proliferação das células AGS através da indução de apoptose, e a morte celular apoptótica envolve tanto as vias intrínsecas quanto extrínsecas. Além disso, o alho promoveu a parada na fase S das células AGS, impedindo que estas entrassem na fase G2/M. Esses dados indicam que o alho, uma especiaria medicinal, pode ser explorado em detalhes devido às suas várias propriedades farmacêuticas, o que pode representar uma terapia potencialmente eficaz para o câncer de estômago (VASANTHI et al., 2018).

O bulbo de alho contém aproximadamente 65% de água, 28% de carboidratos (principalmente frutanos), 2% de proteína (principalmente alina), 1,2% de aminoácidos livres (principalmente arginina), 1,5% de fibras e 2,3% de compostos organossulfurados. A alicina é altamente instável e se decompõe instantaneamente para formar vários compostos solúveis em óleo, incluindo dissulfeto de dialila, trissulfeto de dialila, ditiona de vinil e ajoene, se as condições forem adequadas (ZHANG et al., 2020).

O processamento do alho cru pode resultar em uma variedade de compostos, sendo o envelhecimento um método superior que gera substâncias hidrofílicas e hidrofóbicas através de reações enzimáticas e químicas. Durante o envelhecimento, compostos voláteis reagem com outros para formar constituintes benéficos no Extrato de Alho Envelhecido (AGE), ampliando sua diversidade. Este método é preferível devido às propriedades biológicas úteis encontradas nos constituintes do AGE, que são benéficas para a saúde humana (KODERA et al., 2019).

As várias espécies do gênero *Allium*, incluindo *A. cepa*, *A. sativum*, *A. fistulosum*, *A. schoenoprasum*, *A. ursinum*, *A. flavum*, *A. scorodoprasum*, *A. vineale* e *A. atrovioleaceum*, desempenham um papel vital na promoção da saúde, graças aos seus metabólitos secundários que possuem uma variedade de atividades biológicas, como antioxidante, antimicrobiana, antibacteriana, antifúngica e anti-inflamatória (KURNIA et al., 2021).

O alho tem sido amplamente utilizado por suas propriedades nutricionais e medicinais, sendo empregado globalmente como uma erva para a prevenção e gerenciamento de diversas condições de doenças, incluindo o câncer. Dentre os diferentes fitoconstituintes do alho, diversos compostos, como alicin, S-alicisteína, dissulfeto de dialila, dissulfeto de dialila e trissulfeto de dialila, exibiram atividades antineoplásicas significativas contra vários modelos de câncer, especialmente após a fermentação de longo prazo do alho triturado em meio aquoso, como demonstrado na produção de extratos de alho envelhecido (MONDAL et al., 2022).

As espécies de *Allium* têm uma composição química complexa, rica em organossulfurados e polifenóis. Além de carboidratos, aminoácidos essenciais e vitaminas, são fontes significativas de flavonoides, destacando-se por sua atividade antioxidante. Demonstraram também eficácia antimicrobiana contra diversos microrganismos. Essas propriedades contribuem para sua valorização nutricional e potencial terapêutico (FREDOTOVIĆ; PUIZINA, 2019).

O óleo essencial extraído do bulbo do alho, em concentrações de 0,1 a 0,2%, contém aproximadamente 53 constituintes voláteis, a maioria dos quais são derivados orgânicos do enxofre, destacando-se o ajoeno, alicina e aliina. O efeito farmacológico do *Allium sativum* L. está associado aos compostos organosulfurados (COS), que totalizam cerca de 33 tipos, com uma média de 11 a 35 mg desses compostos encontrados em cada grama do vegetal fresco (NEVES, 2013). O Quadro 2 apresenta alguns desses compostos encontrados na espécie *Allium sativum* L. e suas respectivas atividades biológicas.

Compostos	Atividade biológica
Alina	Hipotensor, hipoglicemiante
Ajoene	Prevenção de coágulos, antiinflamatório, vasodilatador, hipotensor, antibiótico
Alicina e tiosulfatos	Antibiótico, antifúngico, antiviral
Alil mercaptano	Hipocolesteromiante
Dialil sulfeto	Hipocolesteromiante
S-alil-cisteína e compostos $\gamma$ -glutâmico	Hipocolesteromiante, antioxidante, prevenção do câncer

**Quadro 2** - Compostos presentes no *Allium sativum* L. e suas atividades biológicas.

**Fonte:** Adaptado de Neves (2013).

## 3.4 Informações botânicas

### 3.4.1 Família Liliacea

A família Liliacea é vasta, contando com 220 gêneros e aproximadamente 3.500 espécies. Predominantemente herbáceas, suas características incluem caules subterrâneos, folhas alternadas geralmente lanceoladas, inflorescências em racemos e flores vistosas, frequentemente actinomorfas ou zigomorfas, com perianto corolino, trîmero, e duas séries de três tépalas cada. Possuem seis estames livres, ovário superior ou semi-inferior, fruto seco e sementes com endosperma carnoso. As flores desta família são sempre bissexuadas e actinomorfas (ZEN; ACRA, 2005).

Os membros desta família têm uma ampla distribuição global, sendo raros no Brasil. Sua importância é maior no antigo continente do que na América. De acordo com Judd *et al.*, as flores são polinizadas por insetos, principalmente abelhas, vespas, borboletas e mariposas, que recebem néctar e/ou pólen como recompensa. *Agapanthus africanus* (L.) *Hofmanns* é uma planta herbácea rizomatosa, perene e florífera, originária do sul da África, com uma altura de 30-60 cm, folhas lanceoladas que brotam da base, longas, carnudas, glabras e ornamentais (LI-GEN LIN *et al.*, 2016).

### 3.4.2 Gênero *Allium*

As espécies do gênero *Allium* têm sido utilizadas em várias culinárias ao redor do mundo há séculos. Anteriormente classificadas nas famílias Alliaceae e Liliaceae, atualmente pertencem à família Amaryllidaceae de plantas monocotiledôneas. Este amplo grupo inclui aproximadamente 918 espécies heterogêneas endêmicas das regiões secas e temperadas do hemisfério norte. São plantas perenes resistentes, caracterizadas por bulbos verdadeiros ou bulbos vestigiais menos desenvolvidos ligados a rizomas, além de possuírem órgãos de armazenamento subterrâneos (ALAM *et al.*, 2022).

Os experimentos utilizaram espécies de alhos e verificaram seu crescimento durante duas estações de crescimento. A diversidade fenotípica e genotípica das cultivares de alho fornece uma base importante para a criação e a introdução de novas variedades, resultando em variações significativas em características como peso do bulbo, número de bulbos por planta, camadas de cobertura do bulbo, comprimento e diâmetro das folhas, e quantidade de folhas (AMMARELLOU *et al.*, 2022).

Os vegetais pertencentes ao gênero *Allium*, como o alho-poró, são notáveis pela presença de diversos fitoquímicos, incluindo compostos organossulfurados, glicosídeos de flavonol, glicosídeos de kempferol, luteína, frutanos, b-caroteno e vitaminas C e E. Estudos científicos indicam potenciais benefícios desses fitoquímicos para a saúde humana (TORRES, 2011).

### 3.4.3 Espécie *Allium sativum* L.

Uma planta herbácea com altura de até 60 cm, caracterizada por folhas pontiagudas e achatadas, e bulbos divididos em bulbilhos compridos, envoltos em túnicas esbranquiçadas facilmente destacáveis. As flores, em cachos, apresentam coloração rosada ou branca. Para o plantio, é recomendado manter um espaçamento de 15 cm entre os bulbilhos, a uma profundidade de 5 cm, em solos ricos em matéria orgânica e com boa drenagem. Adubação com esterco ou composto orgânico é aconselhada, evitando-se a proximidade da data de plantio (SOPHA *et al.*, 2024).

Os produtores de alho têm empregado dados de tempo de vernalização, temperaturas e estágio de maturação do dente de alho-semente para cada variedade e região. Temperaturas de vernalização abaixo de zero resultam em aumentos significativos na produtividade e qualidade dos bulbos da variedade Ito em condições de Cerrado. Além disso, o estágio normal de maturação promove aumentos significativos na produtividade total dos bulbos (LUZ *et al.*, 2023).

Altos rendimentos comerciais de *Allium sativum* estão associados a plantas mais altas, bulbos de maior diâmetro, massa de bulbos maior e maior número de bulbilhos. O diâmetro do bulbo e o número de bulbos comerciais são os caracteres que apresentam os efeitos diretos mais significativos no rendimento comercial do bulbo, além de efeitos

indiretos significativos em outros caracteres estudados associados ao rendimento comercial do bulbo (AUGUSTO et al., 2022).

O alho (*Allium sativum*), pertencente à família Liliaceae, é uma das plantas cultivadas mais antigas. Há milhares de anos, tem sido empregado como agente medicinal. Além de ser um dos vegetais bulbosos mais significativos, o alho é utilizado como tempero e agente aromatizante em alimentos (ALAM; HOQ; UDDIN, 2016).

*Allium sativum* é uma das culturas hortícolas mais antigas, com registros de seu uso há 5000 anos no Egito e na Índia, e há 4500 anos pelos babilônios, além de ser cultivado na China há pelo menos 4000 anos. Atualmente, cresce naturalmente na Ásia Central, mas já foi encontrado em uma área muito maior, possivelmente desde a China até a Ucrânia, passando pelo Egito e Índia. Sua longa história evidencia sua importância cultural e culinária, sendo utilizado como tempero e remédio há milênios (SIMON, 2020).

O odor característico do alho fresco, atribuído principalmente aos tiossulfatos, permanece presente em produtos processados, como o alho envelhecido. Além dos compostos contendo enxofre, também são encontrados compostos não sulfurados que contribuem para o aroma, com composições variadas dependendo do método de envelhecimento utilizado (ABE; HORI; MYODA, 2019).

A utilização de sementes de alho livres de vírus resulta em bulbos com diâmetro maior e teores mais elevados de sólidos solúveis e sólidos totais, pungência e rendimento industrial, destacando a importância da saúde da semente para a qualidade do alho tanto para consumo fresco quanto para processamento industrial. As variedades Amaranthe, Cateto-Roxo e Hozan apresentaram os maiores teores de sólidos totais, sendo que a cultivar Hozan se destacou pelo maior diâmetro do bulbo e maiores teores de sólidos solúveis, pungência e índice industrial (BESSA et al., 2020).

O uso de cravos de alho maiores resulta em plantas com bulbos de maior diâmetro e acidez titulável mais elevada. Por outro lado, o aumento do espaçamento entre as plantas resulta na redução dos teores de sólidos solúveis, açúcares solúveis totais, relação de sólidos solúveis para acidez titulável e sólidos totais, independentemente da saúde das sementes e do tamanho do cravo. Sementes de alho livres de vírus plantadas com espaçamento entre plantas de 12,5 a 15,0 cm geram plantas com bulbos de maior diâmetro e maior acidez titulável, pungência e índice industrial, possibilitando a produção de bulbos de melhor qualidade com boas perspectivas para industrialização (PEREIRA et al., 2019; SANTOS et al., 2011).

Avaliando o genótipo de plantações de alho, tentaram identificar quais classes genômicas possuem mais capacidades comerciais, os caracteres como diâmetro polar do bulbo, peso do bulbo, número de dentes por bulbo, peso do dente, comprimento do dente e altura do pseudocaulo podem ser considerados de valor meritório durante a seleção de genótipos desejáveis. Esses traços demonstraram associação positiva e significativa com o rendimento do bulbo, contribuindo consideravelmente para o aumento do rendimento

bulboso tanto diretamente quanto indiretamente (RANJITHA; VADDORIA; RAVAL, 2018).

**Figura 2.** Fase inicial de crescimento vegetativo do alho

### 3.5 Alicina atividade biológica

A alicina, um composto sulfonado encontrado no alho, exibe atividade antioxidante devido à sua semelhança estrutural com o dimetilsulfeto, conhecido por sua eficácia na neutralização de radicais livres. Isso resulta em efeitos benéficos na agregação plaquetária, aterosclerose, níveis de colesterol e redução do estresse oxidativo. Além de suas propriedades antioxidantes, a alicina também demonstra atividade antibacteriana, antifúngica e antiparasitária (Santos, 2013). A expressão imuno histoquímica de fibronectina e  $\alpha$ -SMA, juntamente com a expressão de mRNA de citocinas inflamatórias como marcadores de fibrose hepática, revelou efeitos anti-inflamatórios e imunomodulatórios significativos após a administração profilática e tratamento de camundongos infectados com extrato de alho ou alicina. Esses achados sugerem que essas substâncias podem ser terapias complementares promissoras para esquistossomose (METWALLY et al., 2018).

A alicina atua na regulação da sinalização celular e em diversos processos metabólicos, interagindo com GSH e tióis presentes em proteínas através da S-tioação. Por outro lado, o dialil trissulfeto (DATS) reage com os tióis da glutatona celular por meio de uma reação de troca tiol-dissulfeto, gerando gás H<sub>2</sub>S que desempenha múltiplas funções reguladoras. Esses mecanismos químicos conferem tanto à alicina quanto ao DATS propriedades anticancerígenas, além de aumentar a sensibilidade das células tumorais à quimioterapia (ZHOU et al., 2022).

Em testes realizados com grupos para avaliar o ganho de peso e a atividade anti-hipertensiva, constatou que o tratamento com alicina por 30 dias reverteu totalmente o ganho de peso. Adicionalmente, observou-se um aumento na pressão arterial sistólica em um dos grupos estudados, sendo que esse efeito foi mitigado com a administração de alicina, evidenciando assim um efeito anti-hipertensivo do tratamento (SAID et al., 2023).

A alicina demonstrou inibir a citotoxicidade do LPS em células HK2 ao promover a via de sinalização Nrf2/HO-1. Além disso, sua atividade antioxidante e anti-inflamatória foi destacada, juntamente com sua capacidade de restaurar a disfunção mitocondrial e inibir a apoptose tanto in vivo quanto in vitro. Especificamente, a alicina mostrou-se eficaz na inibição da resposta inflamatória e do estresse oxidativo, ao mesmo tempo em que restaurava a função mitocondrial em células HK2 tratadas com lipopolissacarídeo (LPS) (LI; LIU; WANG, 2023).

A alicina e seus derivados, como ajoene, allitridin e garlicin, são considerados os compostos sulfurados orgânicos mais promissores do alho e são responsáveis por várias das suas atividades terapêuticas, incluindo a prevenção de infecções virais. Estudos clínicos randomizados que utilizaram diversas preparações comerciais de alho confirmaram

o efeito profilático deste alimento na prevenção e tratamento de várias infecções virais em humanos, abrangendo desde o resfriado comum e gripe até hepatite induzida por vírus e verrugas (ROUF et al., 2020).

Em experimentos realizados em camundongos, a suplementação com alho integral demonstrou a capacidade de atenuar a dislipidemia induzida por uma dieta rica em gordura (HFD) e os distúrbios no micro bioma intestinais associados a ela. Além disso, observou-se que o alho pode ajudar a reduzir os danos à morfologia do intestino delgado causados pela HFD e promover concentrações mais altas de ácido isobutírico, ácido n-butirato e ácido acetato, contribuindo assim para a saúde intestinal (CHEN et al., 2019).

A avaliação da atividade antifúngica da alicina, demonstraram a partir de testes utilizando o método de disco difusão com cepas de *Haemophilus influenzae* por meio da fase gasosa no ensaio de placa de Petri invertida. O tamanho das zonas de inibição mostra uma clara relação dose-dependente com a exposição à alicina, na qual doses de 20 microlitros apresentaram um halo de inibição entre 40nm e 80nm (BORLINGHAUS et al., 2021).

A curva de tempo de morte utilizando a alicina, demonstraram a inibição da atividade metabólica e adesão dos biofilmes de *Trichosporon asahii* de maneira dependente da dose. Observou-se que, após a maturação e desenvolvimento dos biofilmes, a eficácia dos compostos de alicina na inibição da atividade fúngica foi reduzida de 40% para cerca de 13%. Indicando a capacidade da alicina de combater a formação e crescimento de biofilmes fúngicos, porém destacando a importância de considerar o estágio de desenvolvimento dos biofilmes (YANG et al., 2023). Foi relatado em estudo que a alicina causou um aumento global no grau de oxidação do proteoma de *Pseudomonas fluorescens* após um tratamento de 15 minutos. Demonstramos também que a alicina inibiu a atividade da DNA girase in vitro. Destacando a importância da alicina como um agente oxidante e sugerem mecanismos potenciais de tolerância em bactérias (REITER et al., 2019).

A alicina inibe a germinação de esporos de maneira dependente da concentração. Através de testes de zonas de inibição invertida, demonstrou-se que a alicina é capaz de inibir o crescimento de fungos pela fase gasosa da solução. Os resultados revelaram uma zona média de inibição de 1965mm<sup>2</sup> para *Rhizopus stolonifer* e 2405mm<sup>2</sup> para *Mucor racemosus*. Além disso, em testes de difusão em ágar, soluções de alicina apresentaram uma zona de inibição superior a 800mm<sup>2</sup>, confirmando sua capacidade antifúngica (SCHIER et al., 2023). Os experimentos conduzidos em camundongos com presença de neoplasias, os animais foram submetidos à injeção direta de extrato de alho por um período de vinte e um dias. Os resultados revelaram uma taxa de cura significativamente maior em comparação com outros extratos de frutas testados. Além disso, a viabilidade das células de carcinoma cervical e câncer de bexiga após a exposição ao extrato de alho mostrou-se abaixo de 20%, indicando uma forte eficácia na redução da viabilidade celular desses tipos de câncer (LI; LE; CUI, 2018).

Em testes para verificar o potencial terapêutico da alicina, demonstrou a capacidade de reduzir hemorragias intracerebrais, o modelo utilizando camundongos, verificou que tratamentos diários intraperitoneais com 50mg/kg de alicina reduziram significativamente o número de micróglia/macrófagos ativos, influenciando diretamente na infiltração no hematoma intracerebral e conseqüentemente a vitalidade de células neuronais (ATEF et al., 2023).

As várias cepas bacterianas resistentes a antibióticos, incluindo MRSA, bem como outras cepas multirresistentes enterotoxigênicas de *E. coli*, *Enterococcus* e *Shigella*, foram descobertas como sensíveis à alicina. Sendo destacado o potencial antimicrobiano, em grande parte devido a presença de grupos tiol que interagem com as moléculas de alicina (SALEHI et al., 2019).

Os estudos evidenciaram a atividade antimicobacteriana e imunomoduladora do extrato de alho e de seu constituinte puro, a alicina, por meio de experimentos *in vitro* e *in vivo* no modelo murino de tuberculose. O extrato de alicina/alho mostrou forte resposta antimicobacteriana contra cepas sensíveis a medicamentos, MDR e XDR de TB, induzindo também citocinas pró-inflamatórias em macrófagos. Além disso, o tratamento com extrato de alicina/alho nos modelos murinos resultou em uma forte resposta protetora Th1, levando a uma redução drástica da carga micobacteriana (DWIVEDI et al., 2019; PASQUALI; PIMENTA, 2014).

Na verificação da atividade antimicrobiana da alicina diante de casos de estomatite de dentadura observaram que a Concentração Inibitória Mínima (CIM) da alicina para *C. albicans* foi de 8 µg/ml, enquanto a Concentração Mínima de Fungicida (MFC) foi de 16 µg/ml. Para *S. aureus*, tanto a CIM quanto a Concentração Bactericida Mínima (MBC) foram registradas como 8 µg/ml. Devido à sua atividade antimicrobiana, a alicina possui potencial para ser utilizada como tratamento tópico em infecções de mucosa (ZAINAL et al., 2021).

A alicina é o principal componente responsável pela atividade farmacológica do alho. No entanto, sua biodisponibilidade pode ser reduzida por altas temperaturas ou pelo consumo simultâneo de uma refeição rica em proteínas, o que retarda o esvaziamento gástrico. Futuros ensaios clínicos devem considerar esses achados ao selecionar os produtos de alho a serem testados. Esses resultados também oferecem diretrizes para desenvolver novas formulações que melhorem a biodisponibilidade da alicina e, conseqüentemente, os efeitos benéficos do alho (TORRES, 2021).

## 4 | CONCLUSÕES

Ao final desse estudo conclui-se que o perfil químico dos bulbilhos de *Allium sativum* L. possui potencial contribuinte para a investigação da atividade antibacteriana do seu óleo essencial, em comparação com a alicina. Os fitoterápicos, com destaque para o alho (*Allium sativum*), apresentam um vasto potencial terapêutico devido aos seus compostos

bioativos que conferem propriedades antimicrobianas, antioxidantes, anti-inflamatórias, e benefícios cardiovasculares. A utilização global das espécies do gênero *Allium* na medicina, tanto tradicional quanto moderna, evidencia não apenas sua rica composição química, mas também sua relevância contínua na promoção da saúde humana. Portanto, explorar e compreender melhor essas potencialidades pode abrir caminho para novas aplicações terapêuticas e benefícios à saúde.

## REFERÊNCIAS

ABE, K.; HORI, Y.; MYODA, T. Volatile compounds of fresh and processed garlic (Review). **Experimental and Therapeutic Medicine**, v. 19, n. 2, 2019.

ADAMS, R. P. **Identification of essential oil componentes by gas chromatography/ quadrupole mass spectroscopy**, 4<sup>a</sup> ed. Allured. Publish Corporation, 2001.

AHMAD, F. M. *et al.* *Quercus floribunda* Lindl. Ex A. Camus; a tremendous remedy against inflammation and associated symptoms. **Fitoterapia**, v. 170, n. 1, 2023.

ALAM, A. *et al.* *Allium* vegetables: Traditional uses, phytoconstituents, and beneficial effects in inflammation and cancer. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 63, n. 3, 2022.

ALAM, K.; HOQ, O.; UDDIN, S. Medicinal plant *Allium sativum*: A Review. **Journal of Medicinal Plants Studies**, v. 4, n. 6, 2016.

AMMARELLOU, A. *et al.* Biochemical and Botanical Aspects of *Allium sativum* L. Sowing. **BioTech**, v. 11, n. 2, 2022.

AN, X. *et al.* Ramulus Mori (Sangzhi) alkaloids tablets for diabetes mellitus: A regulatory perspective. **Fitoterapia**, v. 166, n. 1, 2023.

ARIMURA, G. *et al.* Herbivore Induced Defense Response in a Model Legume. Twospotted Spider Mites Induce Emission of (E)  $\beta$  Omicene and Transcript Accumulation of (E)  $\beta$  Omicene Synthase in *Lotus japonicas*. **Plant physiology**, v. 135, n.1, p. 1976-1983, 2004.

ATEF, Y. *et al.* Therapeutic effect of allicin in a mouse model of intracerebral hemorrhage. **Journal of Pharmacological Sciences**, v. 153, n. 4, 2023.

AUGUSTO, M. *et al.* Correlations between agronomic characters in garlic. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 57, n. 1, 2022.

BASTAKI, S. M. A. *et al.* Chemical constituents and medicinal properties of *Allium* species. **Molecular and Cellular Biochemistry**, v. 476, n. 12, 2021.

BESSA, A. T. M. *et al.* Quality of virus-free garlic grown under high altitude conditions in the semiarid region of the northeast of Brazil. **Revista Caatinga**, v. 33, n. 4, p. 945–953, out. 2020.

BONA, ELIANAALMEIDA MIRA *et al.* Comparação de métodos para avaliação da atividade antimicrobiana e determinação da concentração inibitória mínima (cim) de extratos vegetais aquosos e etanólicos. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 81, n. 1, 2014.

- BORGES, F. V.; SALES, M. D. C. Políticas públicas de plantas medicinais e fitoterápicos no Brasil: sua história no sistema de saúde. **Pensar Acadêmico**, v. 16, n. 1, 2018.
- BORLINGHAUS, J. *et al.* Allicin, the Odor of Freshly Crushed Garlic: A Review of Recent Progress in Understanding Allicin's Effects on Cells. **Molecules**, v. 26, n. 6, 2021.
- BRAGA, G. C. D. M. C. **Alho (*Allium sativum*) no tratamento da hipertensão arterial sistêmica**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação em Nutrição) - Anhanguera, São Paulo-SP, 2020.
- BRISLEY, A.; LAMBERT, H.; RODRIGUEZ, C. Antibiotics in Catalan Primary Care: Prescription, Use and Remedies for a Crisis of Care. **Medical Anthropology**, v. 42, n. 7, 2023.
- CHARANI, E.; HOLMES, A. Antibiotic Stewardship—Twenty Years in the Making. **Antibiotics**, v. 8, n. 1, 2019.
- CHEN, K. *et al.* Preventive Effects and Mechanisms of Garlic on Dyslipidemia and Gut Microbiome Dysbiosis. **Nutrients**, v. 11, n. 6, 2019.
- CLSI. **Methods for Dilution Antimicrobial Susceptibility Tests for Bacteria That Grow Aerobically; Approved Standard-**. Ninth Edition. CLSI document Clinical and Laboratory Standards Institute, 2012.
- COUTINHO, H. D. M. *et al.* Enhancement of the antibiotic activity against a multiresistant *Escherichia coli* by *Mentha arvensis* L. and chlorpromazine. **Chemotherapy**, v. 54, n. 4, p. 1250-1318, 2008.
- DODT, R. C. M. *et al.* Estudo experimental de uma intervenção educativa para promover a autoeficácia materna na amamentação. **Revista latino-americana de enfermagem**, v. 23, n. 4, p.725-732, 2015.
- DUARTE, M. C. T. Atividade antimicrobiana de plantas medicinais e aromáticas utilizadas no Brasil. **Revista MultiCiência**, v. 7, n. 1, 2006.
- DWIVEDI, V. P. *et al.* Allicin enhances antimicrobial activity of macrophages during Mycobacterium tuberculosis infection. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 243, n. 1, 2019.
- FERREIRA. **Cultivo orgânico de hortaliças-bulbo: Alho**. 2013. Disponível em: <<https://cultivehortaorganica.blogspot.com/2013/08/cultivo-organico-de-hortalicas-bulbo.htm> l>. Acesso em: 2 maio. 2024.
- FONSECA, G. M. *et al.* Avaliação da atividade antimicrobiana do alho (*Allium sativum* Liliaceae) e de seu extrato aquoso. **Revista brasileira de plantas medicinais**, v. 16, 2014.
- FREDOTOVIĆ, Ž.; PUIZINA, J. Edible *Allium* species: chemical composition, biological activity and health effects. **Italian Journal of Food Science**, v. 31, n. 1, 2019.
- GADELHA, C. S. *et al.* Estudo bibliográfico sobre o uso das plantas medicinais e fitoterápicos no Brasil. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 5, 2013.
- GUO, M. *et al.* Herbal Medicine Nanocrystals: A Potential Novel Therapeutic Strategy. **Molecules**, v. 28, n. 17, p. 6370–6370, 31 ago. 2023.

- KODERA, Y. *et al.* Chemistry of aged garlic: Diversity of constituents in aged garlic extract and their production mechanisms via the combination of chemical and enzymatic reactions (Review). **Experimental and Therapeutic Medicine**, v. 19, n. 2, 2019.
- KURNIA, D. *et al.* Antioxidant Properties and Structure-Antioxidant Activity Relationship of *Allium* Species Leaves. **Molecules**, v. 26, n. 23, 2021.
- LI, X.-J.; LIU, T.; WANG, Y. Allicin ameliorates sepsis-induced acute kidney injury through Nrf2/HO-1 signaling pathway. **Journal of Natural Medicines**, v. 78, n. 1, 2023.
- LI, Z.; LE, W.; CUI, Z. A novel therapeutic anticancer property of raw garlic extract via injection but not ingestion. **Cell Death Discovery**, v. 4, n. 1, 2018.
- LIN, L. G. *et al.* Naturally Occurring Diterpenoid Dimers: Source, Biosynthesis, Chemistry and Bioactivities. **Planta Med**, v. 82, p. 1309–1328, 2016.
- LOHINIVA, A.-L. *et al.* A theory-based exploration of antibiotic use in primary healthcare in Gezira state, Sudan. **Implementation Science Communications**, v. 2, n. 1, 2021.
- LUZ *et al.* Vernalization temperature and maturation point of seed cloves on garlic production and quality. **Ciencia E Agrotecnologia**, v. 47, n. 1, 2023.
- METWALLY, D. M. *et al.* Antischistosomal and anti-inflammatory activity of garlic and allicin compared with that of praziquantel in vivo. **BMC Complementary and Alternative Medicine**, v. 18, n. 1, 2018.
- MONDAL, A. *et al.* Garlic constituents for cancer prevention and therapy: From phytochemistry to novel formulations. **Pharmacological Research**, v. 175, n. 1, 2022.
- NEVES, K. S. P. **Aspectos químicos e farmacológicos do *Allium sativum linnaeus* (alho): uma breve revisão.** 2013. Monografia (Graduação em Farmácia) - Faculdade de Educação e Meio Ambiente – FAEMA, Ariquemes – RO, 2013.
- PEREIRA, F. *et al.* Garlic quality as a function of seed clove health and size and spacing between plants. **Revista Caatinga**, v. 32, n. 4, 2019.
- RANJITHA, M.; VADDORIA, M.; RAVAL, L. J. Correlation and path coefficient studies in garlic (*Allium sativum* L.). **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v. 7, n. 5, 2018.
- REITER, J. *et al.* Allicin, a natural antimicrobial defence substance from garlic, inhibits DNA gyrase activity in bacteria. **International Journal of Medical Microbiology**, v. 310, n. 1, 2019.
- ROUF, R. *et al.* Antiviral potential of garlic (*Allium sativum*) and its organosulfur compounds: A systematic update of pre-clinical and clinical data. **Trends in Food Science & Technology**, v. 104, n. 1, 2020.
- SAID, A. *et al.* Antioxidant and anti-inflammatory effects of allicin in the kidney of an experimental model of metabolic syndrome. **PeerJ**, v. 11, n. 1, 2023.
- SALEHI, B. *et al.* Allicin and health: A comprehensive review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 86, n. 1, 2019.

- SALVAT A.A. *et al.* Screening of some plants from northern Argentina for their antimicrobial activity. **Letters in Applied Microbiology**, v. 32 p. 293-297, 2001.
- SANTOS, F. P. **Efeitos antioxidantes da alicina**: Uma breve revisão. Monografia (Graduação em Farmácia) - Faculdade de Educação e Meio Ambiente, Ariquemes – RO, 2013.
- SANTOS, J. C. *et al.* Atividade antimicrobiana in vitro dos óleos essenciais de orégano, alho, cravo e limão sobre bactérias patogênicas isoladas de vôngole. **Ciências Agrárias**, v. 32, n. 4, 2011.
- SARTO, M. P. M.; JUNIOR, G. Z. Atividade antimicrobiana de óleos essenciais. **Uningá Review**, v. 20, n. 1, 2014.
- SASI, M. *et al.* Garlic (*Allium sativum* L.) Bioactives and Its Role in Alleviating Oral Pathologies. **Antioxidants**, v. 10, n. 11, 2021.
- SCHIER, C. *et al.* Combating Black Fungus: Using Allicin as a Potent Antifungal Agent against Mucorales. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 24, n. 24, 2023.
- SHANG, A. *et al.* Bioactive Compounds and Biological Functions of Garlic (*Allium sativum* L.). **Foods**, v. 8, n. 7, 2019.
- SHINKAI, R. S. *et al.* Phytotherapy: knowledge, experience and prescription in oral healthcare. A cross-sectional survey of dental practitioners. **Acta odontológica latinoamericana**, v. 36, n. 3, 2023.
- SIMON, P. W. **Simon: Garlic Origins: USDA ARS**, 2020. Disponível em: <[https://www.ars.usda.gov/midwest-area/madison-wi/vegetable-crops-research/docs/simon-ga\\_rlic-origins](https://www.ars.usda.gov/midwest-area/madison-wi/vegetable-crops-research/docs/simon-ga_rlic-origins)>. Acesso em: 22 mar. 2024.
- SIMOES, C. M. O. *et-al.* **Farmacognosia da planta ao medicamento**. 6ª ed. Elorianoópolis. Editora da UFSC, 2010.
- SKOCZYLAS, J. *et al.* Basic Chemical Composition, Antioxidant Activity and Selected Polyphenolic Compounds Profile in Garlic Leaves and Bulbs Collected at Various Stages of Development. **Molecules**, v. 28, n. 18, 2023.
- SOUZA, G. G. DE O. **Estrutura química da Alicina. ACD/ChemSketch (Freeware)**, 2024.
- SOPHA, G. A. *et al.* Aerial bulbils as garlic alternative planting materials, a systematic review. **Chilean Journal Of Agricultural Research**, n. 84, 2024.
- TAMENE, S. *et al.* Influence of socio-demographic factors on medicinal plant knowledge among three selected ethnic groups in south-central Ethiopia. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**, v. 20, n. 1, 2024.
- THOMAS, J.; MCCLEAR, T.; OMOREGIE, S. Antimicrobial potential of unstressed and heat stressed *Allium sativum*. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 30, n. 9, 2023.
- TORRES, F. S. **Allium sativum**: Evidência Científica. *Allium sativum*: Evidência Científica, 2021. Dissertação (Mestrado integrado em Medicina) - Faculdade de Medicina, Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal, 2021.

VASANTHI, A. H. *et al.* Alliin the precursor of allicin in garlic extract mitigates proliferation of gastric adenocarcinoma cells by modulating apoptosis. **Pharmacognosy Magazine**, v. 14, n. 55, 2018.

VIEIRA, Renato Luís *et al.* Aspectos fisiológicos e fitossanitários na micropropagação para a obtenção de alho-semente livre de vírus. 2012. Tese (Doutorado em recursos genéticos vegetais) - Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina-PR, 2012.

YANG, X. *et al.* Antifungal Activity and Potential Action Mechanism of Allicin against *Trichosporon asahii*. **Microbiology spectrum**, v. 11, n. 3, 2023.

ZAINAL, M. *et al.* The antimicrobial and antibiofilm properties of allicin against *Candida albicans* and *Staphylococcus aureus* – A therapeutic potential for denture stomatitis. **The Saudi Dental Journal**, v. 33, n. 2, 2021.

ZEMEDE, J. *et al.* Ethnobotanical study of traditional medicinal plants used by the local Gamo people in Boreda Abaya District, Gamo Zone, southern Ethiopia. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**, v. 20, n. 1, 2024.

ZEN, E. M.; ACRA, L. A. Biologia floral e reprodutiva de *Agapanthus africanus* (L.) Hoffmanns (*Liliaceae*). **Estudos de Biologia**, v. 27, n. 59, 2005.

ZHANG, Y. *et al.* Phytochemicals of garlic: Promising candidates for cancer therapy. **Biomedicine & Pharmacotherapy**, v. 123, n. 1, 2020.

ZHOU, Y. *et al.* Allicin in Digestive System Cancer: From Biological Effects to Clinical Treatment. **Frontiers in Pharmacology**, v. 13, n. 1, 2022.