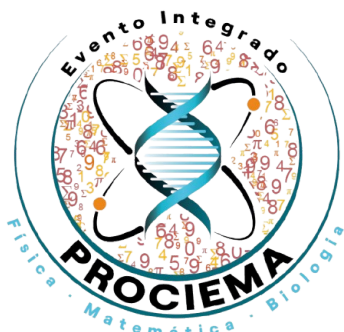




III EVENTO INTEGRADO PROCIEMA Redes da Vida, como tudo está conectado

Padrões na atividade antibacteriana de extratos vegetais: uma análise de redes entre famílias botânicas e espécies bacterianas

Eixo Temático 1: Difusão do Conhecimento Científico

Yasmin Santos de Jesus¹, Maicon Gama Oliveira²

Resumo

Extratos vegetais são reportados como altamente eficazes na inibição do desenvolvimento bacteriano, sendo considerados alternativas promissoras diante do aumento da resistência bacteriana aos antibióticos. Entretanto, ainda são escassos estudos que investiguem padrões na ação antibacteriana entre diferentes famílias botânicas e espécies bacterianas. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é realizar uma revisão sistemática da ação antibacteriana dos extratos de plantas, buscando identificar padrões presentes na ação bacteriana das famílias de plantas sobre diferentes espécies bacterianas, as famílias de plantas mais utilizadas, as espécies bacterianas mais frequentes nos estudos e os tipos de solventes mais utilizados na preparação dos extratos vegetais. Foi realizada uma busca na base *ScienceDirect* por artigos publicados entre 2024 e 2026, utilizando os descritores ("plant") AND (extract OR "plant extract") AND (bacteria OR antibacterial) NOT (nanoparticle OR nanostructure) NOT (fungi OR review). Foram registradas, para cada estudo, a família e a espécie botânica, a espécie bacteriana testada e o solvente utilizado na preparação do extrato. Para avaliar padrões na interação entre famílias de plantas e espécies bacterianas foi empregada a abordagem de redes, utilizando a métrica wNODE, cuja significância foi testada por meio de 10.000 redes aleatórias. Também foi realizada estatística descritiva para as demais variáveis. Dos 1000 artigos encontrados, 55 atenderam aos critérios de seleção. Foram registradas 37 famílias botânicas, 63 espécies de plantas, 41 espécies bacterianas e 15 solventes distintos. A análise da rede revelou baixo aninhamento e ausência de significância estatística, indicando que a atividade antibacteriana não se concentra em poucas famílias botânicas com ampla atuação sobre a maioria das bactérias. As famílias mais representadas foram Asteraceae, Euphorbiaceae e Fabaceae, enquanto as espécies bacterianas mais frequentes foram *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* e *Pseudomonas aeruginosa*. Os solventes mais utilizados na obtenção dos extratos foram metanol, etanol e éter de petróleo. Os resultados demonstram que a atividade antibacteriana dos extratos vegetais está distribuída entre diferentes famílias botânicas, embora algumas sejam mais frequentemente investigadas. Além disso, evidenciam a predominância de solventes com reconhecida capacidade de extração de metabólitos secundários e de bactérias de relevância clínica como modelos experimentais, reforçando o potencial dos extratos vegetais como fonte de compostos para o desenvolvimento de novas estratégias antimicrobianas.

¹ Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Departamento de Ciências Naturais (DCN), Vitória da Conquista, Bahia, Brasil

*e-mail: yasminsants00@gmail.com

² Universidade Estadual de Santa Cruz, Departamento de Ciências Biológicas, Ilhéus, Bahia, Brasil

*e-mail: biomaicongama@gmail.com

Palavras-chave: Atividade antimicrobiana. Etnobotânica. Plantas medicinais. Solventes.

Introdução

Plantas medicinais são recursos amplamente empregados no tratamento complementar de diversas doenças (Alain *et al.*, 2021) e alergias (Saini e Dhiman, 2022), porque apresentam em sua estrutura uma série de fitoconstituintes, também conhecidos como metabólitos secundários, como taninos, flavonoides, terpenos e alcaloides (Raven *et al.*, 2014), que atuam protegendo os vegetais de ataques externos (Borges e Amorim, 2020), além de apresentarem propriedades antioxidantes e antibacterianas comprovadas (Mehmood *et al.*, 2022).

Extratos vegetais são reportados como altamente eficazes na inibição do desenvolvimento bacteriano (Mostafa *et al.*, 2018), com registro de atividade antibacteriana presente em diferentes grupos de plantas (Chassagne *et al.*, 2021). Porém, análises filogenéticas indicam que a atividade antibacteriana ocorre principalmente nas Eudicotiledôneas, especificamente famílias dentro de Asteridae (Sharma *et al.*, 2017; Chassagne *et al.*, 2021). Tal prevalência da atividade antibacteriana em determinados grupos de plantas pode sugerir a existência de um padrão não aleatório na ação antibacteriana entre grupos de plantas e espécies bacterianas, como o aninhamento observado em redes mutualísticas, no qual os grupos com poucas interações tendem a interagir com um subconjunto daqueles que apresentam maior número de interações (Bascompte *et al.*, 2003). Ainda assim, a propriedade antibacteriana dos extratos de diversas espécies de plantas indica a necessidade de mais estudos voltados ao uso de extrato vegetal no combate a cepas bacterianas, uma vez que o surgimento de cepas resistentes aos antibióticos é um problema de saúde pública (Gajdács, 2019; Kumar *et al.*, 2025).

A ação antibacteriana de extratos vegetais é comprovada para cepas Gram-positivas e Gram-negativas. Os extratos de *Mangifera indica*, *Psidium guajava* e *Theobroma cacao*, por exemplo, são eficazes contra a bactéria Gram-positiva *Staphylococcus aureus* (Anas *et al.*, 2008; Joshua e Takudzwa, 2013; de Jesus *et al.*, 2026). Em contrapartida, os extratos de *Camellia sinensis* e *Syzygium aromaticum* são eficazes contra a bactéria Gram-negativa *Pseudomonas aeruginosa* (Radji *et al.*, 2013; Al-Tawalbeh *et al.*, 2025). No entanto, além da espécie de planta utilizada, a efetividade do extrato vegetal e a ação em determinadas espécies bacterianas podem variar devido ao tipo de solvente utilizado na preparação (El Mannoubi, 2023; Aouadi *et al.*, 2024).

O perfil fitoquímico e, conseqüentemente, a atividade biológica de um extrato são influenciados pelo tempo de extração, pela temperatura e, principalmente, pelo solvente utilizado na preparação (Dai e Mumper, 2010), uma vez que a polaridade do solvente pode



PROEX
Pró-Reitoria de Extensão
e Assuntos Comunitários



CCFIS
Colegiado de Física

CCMAT
Colegiado de Matemática
Vitória da Conquista

PROCIEMA
PROGRAMA DE ENSINO EM CIÊNCIAS E MATEMÁTICA
UNIVERSIDADE DE EXTENSÃO

influenciar nos metabólitos que serão extraídos. Em geral, solventes polares são utilizados na extração de metabólitos secundários polares, e solventes apolares são empregados na extração de compostos apolares (Abubakar e Haque, 2020).

No entanto, mesmo com os avanços na literatura acerca da atividade antibacteriana de extratos vegetais, ainda são escassos estudos que investiguem padrões dessa atividade entre diferentes famílias botânicas e espécies bacterianas. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é realizar uma revisão sistemática, buscando identificar padrões presentes na ação bacteriana das famílias de plantas sobre diferentes espécies bacterianas, as famílias de plantas mais utilizadas, as espécies bacterianas mais frequentes nos estudos e os tipos de solventes mais utilizados na preparação dos extratos vegetais.

Método

Foi realizada uma busca de artigos no banco de dados *ScienceDirect*, publicados entre os anos de 2024 e 2026, utilizando ("plant") AND (extract OR "plant extract") AND (bacteria OR antibacterial) NOT (nanoparticle OR nanostructure) NOT (fungi OR review) como descritores de busca. Em cada artigo foram registradas a família e a espécie botânica, bem como a espécie bacteriana testada e o solvente utilizado na preparação do extrato vegetal com atividade antibacteriana.

Para identificar padrões presentes na ação bacteriana das famílias de plantas sobre diferentes espécies bacterianas foi utilizada a abordagem de redes. Assim, calculou-se aninhamento da rede entre as famílias de plantas e espécies bacterianas utilizando a métrica wNODF (*weighted Nestedness metric based on Overlap and Decreasing Fill*) que varia de 0 a 100 (máximo aninhamento). Para avaliar a significância do aninhamento, comparou-se o valor calculado com uma distribuição nula de 10.000 valores de wNODF calculados para redes aleatórias produzidas pelo algoritmo “*r2dtable*” considerando um nível de significância de 5%. A análise foi realizada no *software* R utilizando o pacote bipartite (Dormann et al., 2008; R Core Team, 2026).

Para identificar as famílias de plantas mais utilizadas, as espécies bacterianas mais frequentes nos estudos e os tipos de solventes mais utilizados na preparação dos extratos vegetais foi utilizada a estatística descritiva.

Resultados

Foram analisados 1000 artigos, dos quais 55 foram selecionados de acordo com os critérios pré-estabelecidos. 37 famílias foram registradas para 63 espécies de plantas, 41



espécies bacterianas e 15 distintos solventes (tabela 1). Para a rede entre famílias de plantas e espécies bacterianas (figura 1) foi observado um baixo valor de aninhamento não significativo ($wNODF = 6,34$, $p \approx 0,28$).

As três famílias com maior número de registros na literatura foram Asteraceae ($\approx 13\%$), Euphorbiaceae ($\approx 8\%$) e Fabaceae ($\approx 8\%$), com atividade antibacteriana presente contra 21, 13 e 13 espécies bacterianas, respectivamente (tabela 1). Já as três espécies bacterianas mais registradas foram *Staphylococcus aureus* ($\approx 22\%$), *Escherichia coli* ($\approx 16\%$) e *Pseudomonas aeruginosa* ($\approx 9\%$), presentes em 35, 26 e 14 dos artigos avaliados, respectivamente (tabela 1). Em relação aos solventes utilizados na produção do extrato, os mais mencionados foram metanol ($\approx 31\%$), etanol ($\approx 26\%$) e éter de petróleo ($\approx 8\%$), presentes em 60, 50 e 15 dos extratos produzidos (tabela 1).

Tabela 1. Número de vezes que a espécie bacteriana foi citada em artigos (n_1); número de espécies de plantas citadas em artigos (n_2); Número de vezes que o solvente foi utilizado em artigos (n_3). MRSA = *S. aureus* resistente; CoNS = Estafilococos coagulase-negativos ; DES = solvente eutético profundo.

Espécie bacteriana	n_1	Família botânica	n_2	Solvente	n_3
<i>Staphylococcus aureus</i>	35	Asteraceae	21	Metanol	60
<i>Escherichia coli</i>	26	Euphorbiaceae	13	Etanol	50
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	14	Fabaceae	13	Éter de petróleo	15
<i>Bacillus subtilis</i>	7	Myrtaceae	10	Acetona	13
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	7	Boraginaceae	9	n-hexano	11
<i>Salmonella typhi</i>	7	Caprifoliaceae	8	Clorofórmio	10
MRSA	6	Rutaceae	8	Água	9
<i>Acinetobacter baumannii</i>	4	Lamiaceae	7	Acetato de etila	4
<i>Bacillus cereus</i>	4	Nymphaeaceae	5	Hexano	4
<i>Proteus vulgaris</i>	4	Rosaceae	5	Metanol-clorofórmio	4
<i>Enterobacter aerogenes</i>	3	Zingiberaceae	5	Álcool	3
<i>Salmonella enterica</i>	3	Berberidaceae	4	Diclorometano	3
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	3	Combretaceae	4	Hidroalcoólico	3
<i>Streptococcus pyogenes</i>	3	Malvaceae	4	DES	2
<i>Agrobacterium tumefaciens</i>	2	Melastomataceae	4	Butanol	1
<i>Enterococcus faecalis</i>	2	Moraceae	4	-	-
<i>Helicobacter pylori</i>	2	Olcaceae	4	-	-
<i>Porphyromonas gingivalis</i>	2	Amaranthaceae	3	-	-
<i>Pseudomonas putida</i>	2	Anacardiaceae	2	-	-
<i>Pseudomonas syringae</i>	2	Arecaceae	2	-	-
<i>Salmonella enteritidis</i>	2	Ceratophyllaceae	2	-	-

<i>Streptococcus pneumoniae</i>	2	Cucurbitaceae	2	-	-
<i>Aggregatibacter actinomycetemcomitans</i>	1	Gentia-ceae	2	-	-
<i>Bacillus sp.</i>	1	Hypericaceae	2	-	-
CoNS	1	Plantaginaceae	2	-	-
<i>Fusobacterium nucleatum</i>	1	Ranunculaceae	2	-	-
<i>Listeria innocua</i>	1	Sapindaceae	2	-	-
<i>Listeria monocytogenes</i>	1	Sapotaceae	2	-	-
<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	1	Thymelaeaceae	2	-	-
<i>Prevotella intermedia</i>	1	Apiaceae	1	-	-
<i>Proteus sp.</i>	1	Ebenaceae	1	-	-
<i>Salmonella Galli-rum</i>	1	Lauraceae	1	-	-
<i>Salmonella Heidelberg</i>	1	Meliaceae	1	-	-
<i>Salmonella pullorum</i>	1	Musaceae	1	-	-
<i>Salmonella typhimurium</i>	1	Phyllanthaceae	1	-	-
<i>Serratia marcescens</i>	1	Pittosporaceae	1	-	-
<i>Shigella dysenteriae</i>	1	Rhizophoraceae	1	-	-
<i>Shigella flexneri</i>	1	-	-	-	-
<i>Shigella sp.</i>	1	-	-	-	-
<i>Streptococcus mutans</i>	1	-	-	-	-
<i>Xanthomonas citri</i>	1	-	-	-	-

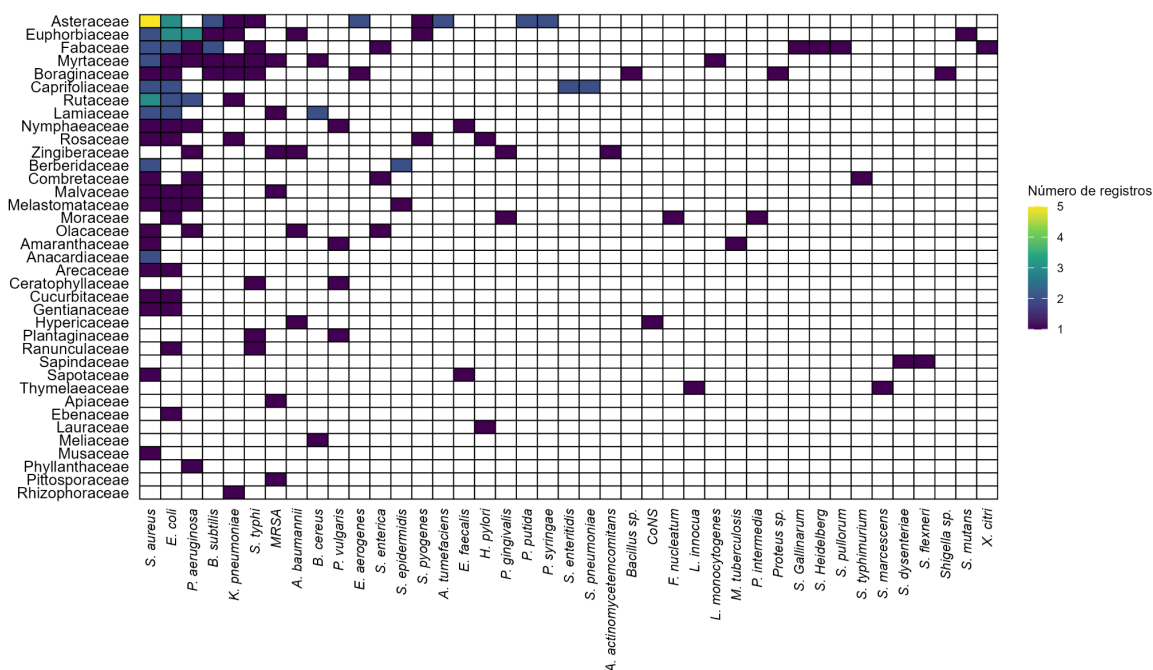


Figura 1. Matriz da rede de ação antibacteriana entre espécies de plantas utilizadas para produção dos extratos e espécies bacterianas.

Discussão

Os resultados indicam a ausência do padrão aninhado na ação antibacteriana das famílias de plantas, ou seja, a atividade antibacteriana não segue um padrão de hierarquia, onde poucas famílias botânicas possuem ação contra a maioria das espécies de bactérias. Assim, a ação contra diferentes espécies bacterianas ocorre de maneira independente, e não concentrada em poucas famílias.

Os resultados apontaram que a atividade antibacteriana em plantas está amplamente presente no grupo das angiospermas, porém com maior prevalência de estudos direcionados a espécies de Asteraceae, seguidos de Euphorbiaceae e Fabaceae. Este resultado está de acordo com trabalhos anteriores, que indicam possível atividade antibacteriana elevada em espécies do grande grupo Asteridae, do qual Asteraceae faz parte (Chassagne *et al.*, 2021). Além disso, a maior presença de Euphorbiaceae e Fabaceae também está em concordância com estudos anteriores, que indicam grande atividade antibacteriana em ambas as famílias (Sharma *et al.*, 2017; Chassagne *et al.*, 2021). A prevalência dessas famílias botânicas em estudos também pode se dar devido às suas amplas distribuições e rápido crescimento, especialmente Asteraceae, que é cosmopolita, e a maioria das espécies apresentam hábitos herbáceos (Roque e Carvalho, 2011). Ademais, Asteraceae, Euphorbiaceae e Fabaceae dispõem de um perfil fitoquímico diverso, com predominância de metabólitos secundários com propriedades antibacterianas (El Mihyaoui *et al.*, 2022; Souza-Moreira *et al.*, 2018; Mali e Panchal, 2017).

A literatura apresenta diversas evidências da capacidade do metanol, etanol e éter de petróleo de extraírem compostos com atividade antibacteriana, como em um estudo que analisou o impacto do solvente na composição fitoquímica do extrato de *Tinospora crispa*, onde constatou-se que o etanol extraiu uma gama de flavonoides e ácidos fenólicos (Muangritdech *et al.*, 2025). Em outra pesquisa, que testou as atividades biológicas de extratos metanólicos, etanólicos e aquosos de *Achillea millefolium*, *Bergenia ciliata* e *Aloe vera*, constatou-se que o metanol extraiu mais compostos fenólicos e flavonoides em comparação com os outros solventes (Mehmood *et al.*, 2022). Pesquisa semelhante também foi conduzida para *Eucalyptus grandis*, testando éter de petróleo, diclorometano, metanol e água como solventes, e foi relatado que o éter de petróleo extraiu a maior quantidade de metabólitos secundários dentre os outros (Kwansa-Bentum *et al.*, 2023). Além disso, em

todos os estudos citados, os extratos apresentaram atividade antibacteriana contra as espécies testadas.

A predominância de *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* e *Pseudomonas aeruginosa* nos estudos analisados pode estar relacionada ao fato de serem espécies experimentais padronizadas e amplamente utilizadas no meio acadêmico para o desenvolvimento e teste de novos antimicrobianos (CLSI, 2023). Além disso, também abrangem duas classes bacterianas distintas, as Gram-positivas, no caso de *S. aureus* (Chen *et al.*, 2022) e as Gram-negativas, com *P. aeruginosa* e *E. coli* (Tavares *et al.*, 2020), o que auxilia na compreensão da eficácia de antimicrobianos em bactérias estruturalmente diferentes. Somado a isso, são espécies de alta relevância clínica, relatadas na literatura como resistentes a antibióticos (Mlynarczyk-Bonikowska *et al.*, 2022; Nasrollahian *et al.*, 2024; Elfadadny *et al.*, 2024) e constantemente associadas a quadros de infecções humanas (Oliveira *et al.*, 2021; Assefa e Amare, 2022).

Nessa perspectiva, a presente pesquisa indica o potencial antibacteriano dos extratos vegetais, e reforça a importância da continuidade de estudos que explorem essa atividade, especialmente em espécies vegetais pouco estudadas, contribuindo para o desenvolvimento de alternativas terapêuticas complementares aos antibióticos convencionais.

Conclusão

Nossos achados indicam que o potencial antibacteriano de extratos de plantas não está limitado a determinados grupos taxonômicos, mas sim amplamente distribuído em diferentes famílias de plantas. A ausência do padrão aninhado na ação antibacteriana das famílias de plantas reforça a ideia de ausência de hierarquia na ação antibacteriana, ainda assim, algumas famílias se destacam com grande número de representantes com ação antibacteriana. Além disso, a predominância de determinados solventes e espécies bacterianas indicam tendências metodológicas e evidenciam a necessidade de ampliar o uso de diferentes solventes e espécies bacterianas. Diante do avanço da resistência bacteriana aos antibióticos, esses achados reforçam o potencial dos extratos vegetais como fonte promissora para a pesquisa de novos agentes antibacterianos.

Referências bibliográficas

ABUBAKAR, Abdullahi; HAQUE, Mainul. Preparation of medicinal plants: Basic extraction and fractionation procedures for experimental purposes. **Journal of Pharmacy & Bioallied**



PROEX
Pró-Reitoria de Extensão
e Assuntos Comunitários



CCFIS
Colegiado de Física

CCMAT
Colegiado de Matemática
Vitória da Conquista

PROCIEMA
PROGRAMA DE ENSINO EM CIÊNCIAS E MATEMÁTICA
INSTITUTO DE EXTENSÃO

Sciences, v. 12, n. 1, p. 1-10, 2020. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7398001/>. Acesso em: 28 jul. 2026.

ALAIN, Koudoro Yaya *et al.* Phytochemical analysis, antioxidant and anti-inflammatory activities of *Chassalia kolly* leaves extract, a plant used in Benin to treat skin illness. **GSC Biological and Pharmaceutical Sciences**, v. 15, n. 3, p. 63-72, 2021. Disponível em: <https://10.30574/gscbps.2021.15.3.0148>. Acesso em: 28 jul. 2026.

AL-TAWALBEH, Deniz M. *et al.* Comparative antibacterial activity of clove extract against *Pseudomonas aeruginosa*. **BMC Complementary Medicine and Therapies**, v. 25, n. 1, p. 1-8, 2025. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11716342/>. Acesso em: 28 jul. 2026.

ANAS, Kholood *et al.* In vitro antibacterial activity of *Psidium guajava* Linn. leaf extract on clinical isolates of multidrug resistant *Staphylococcus aureus*. **Indian Journal of Experimental Biology**, v. 46, n. 1, p. 41-46, 2008. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18697570/>. Acesso em: 28 jul. 2026.

AOUADI, Abdelatif *et al.* Impact of different extraction solvents and concentrations on the total phenolics content and bioactivity of the Algerian lemongrass (*Cymbopogon citratus*) extracts. **Ovidius University Annals of Chemistry**, v. 35, n. 1, p. 16-26, 2024. Disponível em: <https://reference-global.com/article/10.2478/auoc-2024-0003>. Acesso em: 28 jul. 2026.

ASSEFA, Mulneh; AMARE, Azanaw. Biofilm-associated multi-drug resistance in hospital-acquired infections: a review. **Infection and Drug Resistance**, v. 15, p. 5061-5068, 2022. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36068834/>. Acesso em: 28 jul. 2026.

BASCOMPTE, Jordi *et al.* The nested assembly of plant–animal mutualistic networks. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 100, n. 16, p. 9383-9387, 2003. Disponível em: <https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.1633576100>. Acesso em: 28 jul. 2026.

BORGES, Larissa Pacheco; AMORIM, Victor Alves. Metabólitos secundários de plantas. **Revista Agrotecnologia**, v. 11, n. 1, p. 54-67, 2020. Disponível em: <https://www.revista.ueg.br/index.php/agrotecnologia/en/article/view/9705>. Acesso em: 25 jul. 2026.

CHASSAGNE, François *et al.* A systematic review of plants with antibacterial activities: A taxonomic and phylogenetic perspective. **Frontiers in Pharmacology**, v. 11, p. 586548, 2021. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fphar.2020.586548/full>. Acesso em: 28 jul. 2026.

CHEN, Huanquan *et al.* Exploring the role of *Staphylococcus aureus* in inflammatory diseases. **Toxins**, v. 14, n. 7, p. 464, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-6651/14/7/464>. Acesso em: 28 jul. 2026.

CLINICAL AND LABORATORY STANDARDS INSTITUTE. Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing. 33. ed. CLSI Supplement M100. Wayne, PA: Clinical and Laboratory Standards Institute, 2023.

DAI, Jin; MUMPER, Russell. Plant phenolics: extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties. **Molecules**, v. 15, n. 10, p. 7313-7352, 2010. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1420-3049/15/10/7313>. Acesso em: 28 jul. 2026.

DE JESUS, Yasmin Santos *et al.* Atividade antimicrobiana e antibiofilme do extrato acetônico de *Theobroma cacao* L., variedade Nacional Moderna, sobre cepas de *Pseudomonas aeruginosa* e *Staphylococcus aureus* resistente à meticilina (MRSA).

Interfaces Científicas – Saúde e Ambiente, v. 10, n. 2, p. 158-173, 2026. Disponível em: <https://periodicos.set.edu.br/saude/article/view/13160>. Acesso em: 26 jul. 2026.

DORMANN, Carsten F. *et al.* Introducing the bipartite package: analysing ecological networks. **Interaction**, v. 1, p. 8-11, 2008. Disponível em: <https://journal.r-project.org/articles/RN-2008-010/RN-2008-010.pdf>. Acesso em: 28 jul. 2026.

EL MANNOUBI, Ines. Impact of different solvents on extraction yield, phenolic composition, in vitro antioxidant and antibacterial activities of deseeded *Opuntia stricta* fruit. **Journal of Umm Al-Qura University for Applied Sciences**, v. 9, n. 2, p. 176-184, 2023. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s43994-023-00031-y>. Acesso em: 28 jul. 2026.

ELFADADNY, Ahmed *et al.* Antimicrobial resistance of *Pseudomonas aeruginosa*: navigating clinical impacts, current resistance trends, and innovations in breaking therapies. **Frontiers in Microbiology**, v. 15, p. 1374466, 2024. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/microbiology/articles/10.3389/fmicb.2024.1374466/full>. Acesso em: 28 jul. 2026.

EL MIHYAOUI, Amina *et al.* Chamomile (*Matricaria chamomilla* L.): a review of ethnomedicinal use, phytochemistry and pharmacological uses. **Life**, v. 12, n. 4, p. 479, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2075-1729/12/4/479>. Acesso em: 28 jul. 2026.

GAJDÁCS, Márió. The continuing threat of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. **Antibiotics**, v. 8, n. 2, p. 52, 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2079-6382/8/2/52>. Acesso em: 28 jul. 2026.

JOSHUA, Mushore; TAKUDZWA, Matuvhunye. Antibacterial properties of *Mangifera indica* on *Staphylococcus aureus*. **African Journal of Clinical and Experimental Microbiology**, v. 14, n. 2, p. 62-74, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.4314/ajcem.v14i2.4>. Acesso em: 28 jul. 2026.

KUMAR, Vikas *et al.* Combating bacterial antibiotic resistance with phytocompounds: Current trends and future perspectives. **Medicine in Drug Discovery**, p. 100228, 2025. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590098625000259>. Acesso em: 28 jul. 2026.

KWANSA-BENTUM, Bethel *et al.* In vitro effects of petroleum ether, dichloromethane, methanolic and aqueous leaf extracts of *Eucalyptus grandis* on selected multidrug-resistant bacteria. **PLoS ONE**, v. 18, n. 3, p. e0283706, 2023. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36996141/>. Acesso em: 28 jul. 2026.

MALI, Prashant Y.; PANCHAL, Shital S. *Euphorbia tirucalli* L.: review on morphology, medicinal uses, phytochemistry and pharmacological activities. **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine**, v. 7, n. 7, p. 603-613, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2221169117305178>. Acesso em: 28 jul. 2026.

MEHMOOD, Ansar *et al.* In vitro total phenolics, total flavonoids, antioxidant and antibacterial activities of selected medicinal plants using different solvent systems. **BMC Chemistry**, v. 16, n. 1, p. 64, 2022. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36030245/>. Acesso em: 28 jul. 2026.

MLYNARCZYK-BONIKOWSKA, Beata *et al.* Molecular mechanisms of drug resistance in *Staphylococcus aureus*. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 23, n. 15, p. 8088, 2022. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35897667/>. Acesso em: 28 jul. 2026.

MOSTAFA, Ashraf A. *et al.* Antimicrobial activity of some plant extracts against bacterial strains causing food poisoning diseases. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 25, n. 2, p. 361-366, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1319562X17300773>. Acesso em: 28 jul. 2026.

MUANGRITDECH, Nattha *et al.* LC-MS-based metabolomic characterization of *Tinospora crispa* extracts: impact of solvent selection on phytochemical composition and antioxidant properties. **RSC Advances**, v. 15, n. 59, p. 50931-50943, 2025. Disponível em: <https://pubs.rsc.org/ra/article/15/59/50931/908729/LC-MS-based-metabolomic-characterization-of>. Acesso em: 28 jul. 2026.

NASROLLAHIAN, Sina. *et al.* A review of the mechanisms that confer antibiotic resistance in pathotypes of *Escherichia coli*. **Frontiers in Cellular and Infection Microbiology**, v. 14, p. 1387497, 2024. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38638826/>. Acesso em: 28 jul. 2026.

OLIVEIRA, Mariane Silva. *et al.* Main bacteria found in urine cultures of patients with urinary tract infections (UTI) and their resistance profile to antimicrobials. **Research, Society and Development** v. 10, 2021. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/16161>. Acesso em: 28 jul. 2026.

R CORE TEAM. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2026. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 28 jul. 2026.

RADJI, Maksum *et al.* Antimicrobial activity of green tea extract against isolates of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* and multi-drug resistant *Pseudomonas aeruginosa*. **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine**, v. 3, n. 8, p. 663-667, 2013. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3703562/>. Acesso em: 28 jul. 2026.

RAVEN, Peter *et al.* **Biologia vegetal**. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014.

ROQUE, Nádia; CARVALHO, Vitor Cavalcanti. Estudos taxonômicos do gênero *Calea* (Asteraceae, Neurolaeneae) no estado da Bahia, Brasil. **Rodriguésia**, v. 62, n. 3, p. 547-561, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rod/a/6snrfwkj95pzKXvdJTnykTk/?lang=pt>. Acesso em: 28 jul. 2026.

SAINI, Rashmi; DHIMAN, Neena. Natural anti-inflammatory and anti-allergy agents: herbs and botanical ingredients. **Anti-Inflammatory & Anti-Allergy Agents in Medicinal Chemistry**, v. 21, n. 2, p. 90-114, 2022. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35410623/>. Acesso em: 28 jul. 2026.

SHARMA, Ashutosh *et al.* Antibacterial activities of medicinal plants used in Mexican traditional medicine. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 208, p. 264-329, 2017. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27155134/>. Acesso em: 28 jul. 2026.

SOUZA-MOREIRA, Tatiana M. *et al.* *Stryphnodendron* species known as “barbatimão”: a comprehensive report. **Molecules**, v. 23, n. 4, p. 910, 2018. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1420-3049/23/4/910>. Acesso em: 28 jul. 2026.

TAVARES, Tânia *et al.* Activity of specialized biomolecules against gram-positive and gram-negative bacteria. **Antibiotics**, v. 9, n. 6, p. 314, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2079-6382/9/6/314>. Acesso em: 28 jul. 2026.

YUAN, Ganjun *et al.* Antibacterial activity and mechanism of plant flavonoids to gram-positive bacteria predicted from their lipophilicities. **Scientific Reports**, v. 11, n. 1, p. 10471, 2021. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41598-021-90035-7>. Acesso em: 28 jul. 2026.

