



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

GABRIEL ALPES CABRAL

Potencial antibacteriano de óleos essenciais de *Cannabis sativa* cultivada sob
condições controladas

RECIFE

2026

GABRIEL ALPES CABRAL

**POTENCIAL ANTIBACTERIANO DE ÓLEOS ESSENCIAIS DE *CANNABIS*
SATIVA CULTIVADA SOB CONDIÇÕES CONTROLADAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas pela Universidade Federal Rural de Pernambuco.

Orientadora: Profa Dra. Virginia Medeiros de Siqueira

Recife

2026

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Bibliotecário(a): Suely Manzi – CRB-4 809

C117p Cabral, Gabriel Alpes.
Potencial antibacteriano de óleos essenciais de
Cannabis sativa cultivadas sob condições controladas /
Gabriel Alpes Cabral. – Recife, 2026.
49 f.; il.

Orientador(a): Virginia Medeiros de Siqueira.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) –
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Bacharelado
em Ciências Biológicas, Recife, BR-PE, 2026.

Inclui referências, apêndice(s) e anexo(s).

1. Agentes antimicrobianos. 2. Bactericida. 3. *Cannabis sativa*. 4. Canabidiol 5. Composto químico. I. Siqueira, Virginia Medeiros de, orient. II. Título

CDD 574

GABRIEL ALPES CABRAL

**POTENCIAL ANTIBACTERIANO DE ÓLEOS ESSENCIAIS DE *CANNABIS*
SATIVA CULTIVADA SOB CONDIÇÕES CONTROLADAS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Bacharelado de
Ciências Biológicas da Universidade
Federal Rural de Pernambuco, como
requisito parcial para obtenção do título de
Graduado em Ciências Biológicas.

Aprovado em: 15/07/2026

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Virginia Medeiros de Siqueira (Orientadora)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Me. Manoella Candido Andrade (Examinador interno)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Dra. Indra Elena Costa Escobar (Examinador Externo)
Faculdade CESPU Europa

Profa. Dra. Cynthia Maria Carneiro Costa (Examinar suplente)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Universidade Federal Rural de Pernambuco, ao NUBIOTEC e ao LAMAA pelo fornecimento de materiais de pesquisa para a realização deste trabalho. Agradeço à minha parceira, Júlia, por caminhar ao meu lado, sendo fonte de apoio e incentivo ao longo desse trajeto. A todos os meus amigos, sou grato pela presença e por compartilharem comigo os momentos de sufoco e alegria. Também deixo meus agradecimentos às professoras Ana Carolina e Virgínia Medeiros por suas orientações, ao doutorando Jonas pelo auxílio ao longo do trabalho e a todos os integrantes do NUBIOTEC que ajudaram.

RESUMO

Uma das maiores ameaças à saúde pública atualmente se trata da emergência global da resistência bacteriana aos antibióticos, o que acaba por demandar a busca por novas alternativas terapêuticas. Diante disso, o presente estudo objetivou avaliar o potencial antibacteriano de óleos essenciais de *Cannabis sativa*, cultivada sob condições *indoor* sob condições controladas. Foram testados três óleos: um rico em Canabidiol (CBD), um rico em Tetrahydrocannabinol (THC) e uma associação equilibrada dos dois canabinóides. A atividade antibacteriana foi testada frente a microrganismos de importância clínica, englobando cepas sensíveis e isolados clínicos resistentes de bactérias Gram-positivas (*Staphylococcus aureus* e *Enterococcus faecalis*) e Gram-negativas (*Escherichia coli* e *Klebsiella pneumoniae*). Para tal foi realizado o teste de difusão em disco, com concentrações de 50, 100 e 200 mg/mL. Em seguida, realizou-se a determinação quantitativa da concentração inibitória mínima, baseada na ausência de turbidez por microdiluição em microplacas, com diluições na faixa de 0,0625 a 128 µg/mL com 1% de DMSO, e da concentração bactericida mínima, na qual foi avaliada por meio do cultivo em ágar Mueller Hinton a fim de analisar a ausência total de colônias. Os resultados por disco difusão demonstraram que tanto o óleo rico em THC quanto o rico em CBD apresentaram atividade inibitória contra as bactérias Gram-positivas, gerando halos de inibição entre 7 a 12 mm em cepas de *S. aureus* e *E. faecalis*. Também como resultado, o óleo misto mostrou um efeito aditivo, com médias de até 21 mm em cepas de *S. aureus* e 16 mm em *E. faecalis*, conseguindo superar os compostos isolados. Os testes de microdiluição confirmaram a eficácia dos óleos sobre as cepas Gram-positivas, permitindo estabelecer valores de CIM de 8 e 16 µg/mL e CBM de 16, 32 e 128 µg/mL capazes de inibir e matar os microrganismos teste. Não houve diferença nos resultados quando comparadas às bactérias obtidas de coleção de cultura com os isolados clínicos. Por fim, conclui-se que os óleos essenciais de *Cannabis sativa* possuem potencial biotecnológico e farmacológico no combate a patógenos bacterianos de interesse clínico, principalmente contra bactérias Gram-positivas.

Palavras-chave: Concentração Inibitória Mínima, Concentração Bactericida Mínima, *Cannabis sativa*, Canabidiol, Tetrahydrocannabinol.

ABSTRACT

One of the biggest threats to public health today is the global emergence of bacterial resistance to antibiotics, which ultimately requires the search for new therapeutic alternatives. Therefore, the present study aimed to evaluate the antibacterial potential of essential oils of *Cannabis sativa*, grown under indoor conditions under controlled conditions. Three oils were tested: one rich in Cannabidiol (CBD), one rich in Tetrahydrocannabinol (THC) and a balanced association of the two cannabinoids. Antibacterial activity was tested against microorganisms of clinical importance, encompassing sensitive strains and resistant clinical isolates of Gram-positive bacteria (*Staphylococcus aureus* and *Enterococcus faecalis*) and Gram-negatives (*Escherichia coli* and *Klebsiella pneumoniae*). For this, the disc diffusion test was performed, with concentrations of 50, 100 and 200 mg/mL. Then, the quantitative determination of the minimum inhibitory concentration was performed, based on the absence of microdilution turbidity in microplates, with dilutions in the range of 0.0625 to 128 µg/mL with 1% DMSO, and the minimum bactericidal concentration, in which it was evaluated by means of the cultivation in agar Mueller Hinton in order to analyze the total absence of colonies. The results by disc diffusion showed that both THC-rich and CBD-rich oil showed inhibitory activity against Gram-positive bacteria, generating inhibition halos between 7 to 12 mm in strains of *S. aureus* and *E. faecalis*. Also as a result, the mixed oil showed an additive effect, with averages of up to 21 mm in strains of *S. aureus* and 16 mm in *E. faecalis*, managing to overcome the isolated compounds. The microdilution tests confirmed the effectiveness of the oils on the Gram-positive strains, allowing to establish MIC values of 8 and 16 µg/mL and CBM of 16, 32 and 128 µg/mL capable of inhibiting and killing the test microorganisms. There was no difference in the results when compared to the bacteria obtained from culture collection with clinical isolates. Finally, it is concluded that the essential oils of *Cannabis sativa* have biotechnological and pharmacological potential in combating bacterial pathogens of clinical interest, especially against Gram-positive bacteria.

Keywords: Minimum Inhibitory Concentration, Minimum Bactericidal Concentration, *Cannabis sativa*, Cannabidiol, Tetrahydrocannabinol.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Estrutura química do tetrahidrocanabinol	47
Fluxograma 1 – Fluxograma demonstrando a metodologia para a determinação de CIM e CBM	38
Figura 2 – Estrutura química do Canabidiol	48
Figura 3 – Diferentes morfologias celulares de bactérias	48
Figura 4 – Representação simplificada do envelope celular de bactérias Gram-positiva (A) e Gram-negativa (B)	49
Figura 5 – Exemplos de <i>Cannabis</i> cultivadas <i>indoor</i> em ambiente controlado em contêineres nas dependências da Associação Aliança Medicinal	37
Figura 6 – Detalhe das inflorescências de exemplares de <i>Cannabis</i> em seu estado fenológico ideal para extração dos óleos essenciais	37
Figura 7 – Teste de disco difusão com THC contra <i>S. aureus</i> (A – sensível; B – resistente)	39
Figura 8 – Teste de disco difusão com CBD contra <i>S. aureus</i> (A – sensível; B – resistente)	39
Figura 9 – Teste de disco difusão com óleo Misto contra <i>S. aureus</i> (A – sensível; B – resistente)	40
Figura 10 – Teste de disco difusão com óleos CBD e THC contra <i>E. faecalis</i> (A – resistente; B – resistente)	40
Figura 11 – Teste de disco difusão com óleo Misto contra <i>E. faecalis</i> (A – sensível; B – resistente)	41
Gráfico 1 – Concentração Mínima Inibitória (CIM) de Antibióticos e Canabinoides frente a cepas de <i>Staphylococcus aureus</i>	45
Gráfico 2 – Concentração Mínima Inibitória (CIM) de Antibióticos e Canabinoides frente a cepas de <i>Enterococcus faecalis</i>	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Concentrações inibitórias mínimas de CBD e THC frente a bactérias Gram positivas e Gram negativas	47
Tabela 2 –	Perfil antimicrobiano cepas ATCC <i>E. faecalis</i> utilizadas	42
Tabela 3 –	Perfil antimicrobiano cepas ATCC e do isolado clínico de <i>K. pneumoniae</i> utilizadas	42
Tabela 4 –	Perfil antimicrobiano cepas ATCC e do isolado clínico de <i>S. aureus</i> utilizadas	43
Tabela 5 –	Perfil antimicrobiano cepas ATCC e do isolado clínico de <i>E. coli</i> utilizadas	43
Tabela 6 –	Média dos diâmetros dos halos de inibição	44
Tabela 7 –	Comparação entre o perfil antimicrobiano e a atividade dos canabinoides frente cepas de <i>S. aureus</i>	44
Tabela 8 –	Comparação entre o perfil antimicrobiano e a atividade dos canabinoides frente cepas de <i>E. faecalis</i>	45

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS (OPCIONAL)

CBD	Canabidiol
CBM	Concentração Bactericida Mínima
CIM	Concentração Inibitória Mínima
CLSI	Clinical & Laboratory Standards Institute
DMSO	Dimetilsulfóxido
THC	Tetrahydrocanabinol
UFC	Unidades Formadoras de Colônia

SUMÁRIO (OBRIGATÓRIO)

1	INTRODUÇÃO	14
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1	<i>Cannabis</i> sp.: características gerais e biogeografia	15
2.2	O uso medicinal da <i>Cannabis</i> e a caça às drogas	17
2.3	<i>Cannabis</i> sp. e propriedades antibacterianas	18
2.4	<i>Cannabis</i> sp.: composição bioquímica	20
2.5	Bactérias, antibacterianos e resistência	20
3	OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS	23
3.1	Objetivo geral	23
3.2	Objetivos específicos	23
4	METODOLOGIA	24
4.1	Cultivo do vegetal e obtenção do óleo essencial	24
4.2	Microrganismos teste	24
4.3	Avaliação da atividade antibacteriana do óleo essencial	25
4.4	Determinação da CMI e CMB	25
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
5.1	Avaliação antibacteriana - método disco difusão	26
5.2	CIM e CBM	28
	REFERÊNCIAS	32
	APÊNDICE A – FIGURAS	37
	APÊNDICE B – TABELAS E GRÁFICOS	42
	ANEXO A – FIGURAS E TABELAS	47

1. INTRODUÇÃO

A resistência bacteriana aos antibióticos, impulsionada pelo uso excessivo de medicamentos em saúde humana e veterinária, ocorre quando esses microrganismos desenvolvem mecanismos para garantir sua sobrevivência na presença desses fármacos (Salam et al., 2023). Dessa forma, as consequências desse fenômeno representam uma das maiores ameaças à saúde pública: infecções comuns se tornando difíceis de tratar, aumento das taxas de mortalidade, além de ameaçar a segurança de procedimentos médicos levando a riscos maiores para os pacientes (Nwobodo et al., 2022). Diante desta problemática, pesquisadores têm intensificado os estudos com o objetivo de elucidar os compostos bioativos produzidos pelas plantas, contribuindo para a descoberta e desenvolvimento de novas drogas efetivas frente às bactérias resistentes e ao surgimento das superbactérias (Angelini, 2024).

Cannabis sativa, popularmente conhecida como cânhamo ou maconha, é uma planta já reconhecida pela sua produção de uma variedade de compostos bioativos, entre os quais destacam-se o canabidiol (CDB) e o Δ^9 -tetrahydrocannabinol (THC), ambos canabinóides, porém com efeitos psicoativos diferentes. O CDB tem recebido destaque graças às suas propriedades terapêuticas, como por exemplo efeitos anti-inflamatórios, anticonvulsivante e ansiolíticos, ademais, o THC é reportado por ter efeitos analgésicos, antieméticos e antidepressivos (Legare, Raup-konsavage, Vrana, 2022; Nichols & Kaplan, 2020).

Nos últimos anos, tanto o CBD como o THC, junto com outros compostos do óleo essencial, têm despertado interesse em pesquisadores e indústrias pelo seu potencial antimicrobiano. Alguns desses compostos como mirceno, limoneno e β -cariofileno demonstraram atividade contra diversos microrganismos, por exemplo *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* e *Streptococcus mutans* (Barak et al., 2022; Farha et al., 2020; Iseppi et al., 2019). Esses resultados são particularmente relevantes devido ao crescimento da resistência aos antimicrobianos atuais.

Assim, o presente trabalho objetivou investigar o potencial antibacteriano dos óleos essenciais de *C. sativa* cultivada *indoor* frente a bactérias de interesse clínico, bem como estabelecer uma correlação dos resultados com o perfil cromatográfico dos óleos estudados. Portanto, esperamos contribuir para a expandir a compreensão científica sobre esses compostos para aplicações nas áreas de saúde,

microbiologia e biotecnologia, bem como desmistificar o uso desta planta ampliando e compartilhando os conhecimentos nesta temática.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 *Cannabis* sp.: características gerais e biogeografia

O gênero *Cannabis* abrange plantas herbáceas classificadas na família *Cannabaceae*, sendo que suas variantes taxonômicas mais difundidas na literatura científica compreendem a *Cannabis sativa*, a *Cannabis indica* e a *Cannabis ruderalis*. Segundo Small e Cronquist (1976), propuseram que o gênero *Cannabis* deveria ser considerado monotípico, representado apenas pela *Cannabis sativa* L., enquanto os grupos como *C. indica* e outras formas taxonômicas se tratariam de subespécies ou variantes dentro da mesma espécie devido à ausência de barreiras reprodutivas e a ampla capacidade de hibridização entre as populações.

Apesar desse estudo sugerir a monoespecificidade, alguns autores defendem que o gênero *Cannabis* apresenta diferenciação suficiente para aceitar a existência de múltiplas espécies. Hillig (2004) apresenta uma análise quimiotaxonômica para argumentar as diferenças na composição de canabinóides sustentando uma classificação multiespecífica para o gênero. Para melhor aprofundar sua teoria, Hillig (2005) também desenvolveu um estudo no qual, baseado em análises genéticas de 157 populações, aponta para a existência de vários grupos distintos e consistentes, além de apresentar a *Cannabis sativa* e *Cannabis indica* como espécies à parte.

Além das discussões taxonômicas, pesquisadores buscam esclarecer dúvidas sobre o número de fases do ciclo de vida da planta, visto que autores mencionam que esta quantidade pode chegar até 9 fases (Mediavilla; Leupin; Keller, 2000; Mishchenko et al., 2017).

Outros estudos fenológicos foram realizados para a compreensão sobre o fotoperíodo da planta, umidade do ambiente e como estes, além de outros fatores ambientais, podem afetar fatores genéticos que influenciam o desenvolvimento das inflorescências, a transição entre as fases vegetativa e reprodutiva e a produção de canabinóides (Zhang et al., 2021; Corredor-Perilla; Kwon; Park, 2025; Duchin et al., 2020).

A compreensão das fases de crescimento e aspectos estruturais da planta podem ter auxiliado povos antecessores no direcionamento do uso específico de cada espécie da *Cannabis*. De acordo com Clarke e Merlin (2017), a história da *Cannabis* e da humanidade sempre estiveram entrelaçadas devido ao papel desempenhado por essa planta ao longo da história para nós até os dias atuais, sendo utilizada por constituir importante fonte de fibras para o preparo das ferramentas rudimentares e roupas, além do seu uso no preparo de remédios. Conforme Rull (2022, tradução própria):

“Por exemplo, a casca e a fibra do cânhamo são usados para cordas, tecidos, materiais de construção, papel, cama para animais e combustível. Sementes e óleos de sementes são usados para consumo humano, alimento para animais, matéria-prima industrial e combustível. Flores femininas e sementes são usadas para drogas medicinais ou recreativas. Todas as partes da planta, principalmente a casca, sementes e flores femininas, são usadas em atividades ritualísticas e sociais.”

Apesar da divergência de ideias sobre a origem da domesticação da *Cannabis*, alguns autores relatam que se deu durante o período neolítico entre 12.000 a 10.000 anos a.C. na região do oeste asiático (Abel, 1980; Kobayashi *et al.*, 2008; Ren *et al.*, 2021), seguido de registros de seu uso na Índia em 4000 anos a.C. e no Oriente Médio em 700 anos a.C. por meio de comércio entre os povos asiáticos (Stevens *et al.*, 2016; Fuller, 2011). A partir do Oriente Médio, ocorreu sua dispersão para a Europa, Norte e Leste da África para, por fim, alcançar as Américas, por meio do tráfico negreiro de pessoas escravizadas, aproximadamente nos anos 1500-1600 d.C., para a América do Sul, e 1900 d.C., para América Central e do Norte (Rull *et al.*, 2023; Warf, 2014).

Segundo Carlini (2006), a *Cannabis* foi transportada por africanos escravizados trazidos ao Brasil durante o período colonial, passando a ser utilizada por populações africanas e afrodescendentes e, posteriormente, inserida no cotidiano de povos indígenas e na sociedade colonial. Durante o período imperial, a *Cannabis* possuía aplicações industriais como na fabricação de cordas, tecidos e papel, e também era utilizada na medicina popular e na farmacologia da época para o tratamento de dores, distúrbios digestivos e outras enfermidades.

Martins e Posso (2023) relatam que a primeira norma que restringia o uso da planta no Brasil foi publicada pela Câmara Municipal do Rio de Janeiro em 1830, conhecida como a Lei do “*Pito do Pango*” e tinha como objetivo punir o uso do cachimbo por escravizados e controlar seus hábitos culturais. Mais tarde, em 1932, durante o governo de Getúlio Vargas, a *Cannabis* foi oficialmente classificada como substância entorpecente, iniciando um período de proibição nacional que se consolidou com legislações posteriores. Essa proibição foi baseada historicamente em controle social, racismo e eugenia, e não em critérios científicos. A criminalização foi direcionada desde o início aos hábitos de populações escravizadas e marginalizadas, trazendo a construção de muitos mitos relacionados ao uso desta planta (Martins; Posso, 2023).

2.2 O uso medicinal da *Cannabis* e a caça às drogas

Durante a domesticação, muitos dos povos descobriram usos medicinais para esta planta, apesar de alguns destes usos terem sido perdidos e redescobertos ao longo dos séculos. Na China, por exemplo, foi documentado o uso da *Cannabis* para tratamento de doenças e males por meio do Pen Ts’ao Ching, a farmacopeia criada pelo imperador Shen Nung (Pisanti e Bifulco, 2019).

Com a expansão da *Cannabis* em direção ao ocidente, a planta era muito utilizada pelos povos escravizados que eram trazidos para a América do Sul, com a finalidade de tratamento de enfermidades quanto em práticas religiosas e recreativas. No entanto, após a abolição da escravatura no Brasil, esta planta começou a ser associada a populações marginalizadas de acordo com dados médicos da época o que, associado à pressão internacional, impulsionou movimentos contra o uso dessa planta (Carlini, 2006).

A Convenção Internacional do Ópio, realizada em 1925, marcou o início das restrições internacionais do uso da *Cannabis* sp., associando diversas espécies do gênero, independente de níveis de THC, a outras drogas (Kozma, 2011). Durante 1930 a 1940, medidas foram tomadas para o banimento e a criminalização da utilização globalmente, com diversos países estabelecendo suas próprias leis. No Brasil, foi estabelecido o Decreto-Lei nº 891 em 1938, que enquadra a *Cannabis sativa* como substância entorpecente (Brasil, 1938), o que limitou o avanço das pesquisas científicas e das aplicações médicas a essa planta durante várias décadas até a atualidade.

Devido ao potencial terapêutico da *Cannabis* graças à ampla variedade de compostos presentes na planta, como THC e CBD tem despertado um interesse no meio científico. Segundo Leinen et al. (2023), esses compostos interagem com o sistema endocanabinoide causando efeito analgésico em certos casos, além de ajudar com processos inflamatórios, modular a resposta imunológica e auxiliar na neurotransmissão. Essas evidências experimentais e clínicas sugerem que produtos à base de canabinóides podem contribuir no tratamento de pacientes com dores crônicas, epilepsias, doenças degenerativas, além de ter potencial para controle de náuseas e vômitos causados por quimioterapia.

2.3 *Cannabis* sp. e propriedades antibacterianas

Com o avanço do conhecimento científico e do desenvolvimento tecnológico, pesquisadores passaram a aperfeiçoar métodos de extração dos compostos bioativos presentes na *Cannabis*, visando compreender suas propriedades para sua utilização. Nesse contexto, estudos desenvolvidos ao longo do século XIX por pesquisadores europeus buscavam analisar os extratos obtidos da *Cannabis* com o objetivo de isolar e caracterizar seus principais compostos químicos (Hanuš e Maslov, 2025). No final do século XIX, foi identificado o canabinol, sendo ele o primeiro canabinoide a ser descoberto, apesar de sua estrutura química não ser totalmente compreendida na época (Pertwee, 2006). Com o passar do tempo e o surgimento de novos equipamentos para o isolamento dos compostos, novos canabinóides foram sendo descobertos e suas estruturas químicas compreendidas (Hanuš e Maslov, 2025).

Após o isolamento dos principais canabinóides, novas pesquisas foram surgindo com o intuito de compreender as propriedades dos compostos. Com esse objetivo, Klinger e Ham (1976) realizaram experimentos com THC e CBD para determinar concentrações mínimas contra bactérias Gram-positivas como mostrado na Tabela 1, em um período marcado pelo crescente interesse científico na resistência bacteriana.

Embora novas pesquisas tenham sido publicadas, o interesse por esses compostos e suas propriedades antibacterianas passou a ganhar mais impulso próximo ao início do século XXI devido ao crescimento de bactérias presentes em ambientes hospitalares com resistência a antibióticos e o aumento da disponibilização desses medicamentos para a população, o que aumentou ainda

mais a presença desses organismos fora do âmbito hospitalar em virtude da automedicação.

Com o início do século, movimentos sociais, juntamente com a comunidade científica começaram a mostrar a importância da revisão das leis considerando o potencial terapêutico da planta com um grande potencial benéfico para a saúde pública (Oliveira, Amaral e Ramos, 2024). Assim, apesar de todas as dificuldades encontradas pelos pesquisadores para o estudo, observa-se um novo período de redescoberta dos usos medicinais sendo novamente utilizada para tratamento de doenças neurológicas, acompanhamento de terapias para saúde mental, além de diversos pesquisadores estudando o uso em novos casos, por exemplo no tratamento de câncer, epilepsia, Parkinson, dependência química, entre outros (Coelho et al., 2023; Scattone et al., 2025).

Após as mudanças na legislação em relação à pesquisa com *Cannabis*, novos estudos têm surgido para entender as propriedades de seus compostos e aprimorar novas técnicas de experimentação. Canabinóides têm apresentado resultados positivos em diferentes áreas de saúde despertando interesse de novos cientistas. Pesquisadores têm encontrado usos para esses compostos no tratamento de distúrbios neurológicos, manejo de dores e inflamações, entre outros (Sholler, Schoene e Spindle, 2020; Legare, Raup-konsavage, Vrana, 2022). Além destas finalidades, estudos recentes realizados com CBD apresentaram novos resultados positivos no combate a microrganismos, desbloqueando novamente uma nova frente de pesquisas para os potenciais usos dos canabinóides (Barak et al., 2022; Yosboonruang et al.; 2025).

Estudos demonstram que a *Cannabis sativa* possui atividade antimicrobiana contra diversas bactérias e alguns fungos, sendo essa ação atribuída principalmente ao THC e ao CBD. Extratos de folhas e óleos essenciais da planta apresentaram efeito inibitório sobre bactérias Gram-positivas e Gram-negativas. Óleos essenciais obtidos das inflorescências de variedades deste vegetal também mostraram atividade contra bactérias e leveduras, destacando-se as variedades ricas em terpinoleno. O óleo das sementes de *C. sativa* apresentou forte atividade contra *Bacillus subtilis* e *Staphylococcus aureus* e atividade moderada contra *Escherichia coli* e *Pseudomonas aeruginosa*. Esses achados indicam o potencial da *Cannabis* como fonte de novos agentes antimicrobianos, especialmente contra bactérias Gram positivas (Coelho et al., 2025).

2.4 *Cannabis* sp.: composição bioquímica

Pesquisas atuais relatam a existência de mais de 500 compostos produzidos pela *Cannabis*, dos quais mais de 100 deles se tratam de canabinóides (Rock e Parker; 2020).

O tetrahydrocannabinol, apresentado na figura 1, tem se destacado no âmbito científico como material de estudo devido à sua composição química. “Um diterpenoide que é 6a,7,8,10a-tetraidro-6H-benzo[c]cromeno substituído na posição 1 por um grupo hidroxila, nas posições 6, 6 e 9 por grupos metil e na posição 3 por um grupo pentil.” (EMBL’s European Bioinformatics Institute, 2023, tradução própria).

O canabidiol, figura 2, é um dos compostos mais abundantes na *Cannabis sativa*, tem recebido crescente atenção científica, assim como o THC, visto que a semelhança na composição química com o tetrahydrocannabinol aponta para possíveis atividades antibióticas. De acordo com DrugBank Online (s.d., tradução própria), “Canabidiol, ou CBD, é um de no mínimo 85 canabinóides ativos identificados na planta *Cannabis*. É um dos fitocanabinoides mais importantes, totalizando até 40% do extrato da planta *Cannabis*”. “Canabidiol é um canabinóide que se trata de cicloexeno que é substituído por um grupo metil na posição 1, um grupo 2,6-dihidroxi-4- pentilfenil na posição 3, e um grupo prop-1-en-2-il na posição 4.” (EMBL’s European Bioinformatics Institute, 2023, tradução própria).

Outros exemplos de canabinoides são: Canabinol (CBN), formado pela degradação do THC e possui leve efeito sedativo, Canabigerol (CBG), considerado o “precursor” de outros canabinoides e apresenta potencial antibacteriano e anti-inflamatório, Canabicromeno (CBC), não psicoativo, associado a efeitos anti-inflamatórios e analgésicos, e o Tetrahydrocannabinol (THCV), semelhante ao THC, mas com efeitos psicoativos mais fracos e possíveis efeitos reguladores do apetite (Elsohly; Slade, 2005).

2.5 Bactérias, antibacterianos e resistência

Bactérias são organismos unicelulares, capazes de apresentar metabolismos autotrófico ou heterotrófico, compostas por membrana plasmática, parede celular, citoplasma, nucleóide, plasmídeos, ribossomos, mesossomos, além da existência de estruturas que podem ou não ser apresentadas como fímbrias, flagelos e cápsula. Madigan et al. (2016) abordam a grande diversidade morfológica que existe entre as

bactérias, podendo apresentar diferentes morfologias como demonstrado na Figura 3, além de se aprofundarem na variabilidade estrutural e retratar a ampla variabilidade metabólica que as permitiu a ocupação de todos os ambientes da Terra.

O estudo das bactérias teve início por volta do século 17 com pesquisadores como Antonie van Leeuwenhoek e Robert Hooke após terem observado por meio de microscópios rudimentares sua existência. No entanto, o estudo dos seus principais componentes consolidou-se séculos depois com Ferdinand Cohn, botânico e microbiologista alemão que foi pioneiro na taxonomia e fisiologia de bactérias, descobriu os endósporos termorresistentes dos bacilos e atuou na microbiologia aplicada (Madigan et al., 2016).

Em 1884, Hans Christian Joachim Gram, um bacteriologista dinamarquês, desenvolveu um método de coloração capaz de diferenciar as bactérias em dois grandes grupos: Gram positivas e Gram negativas. Esta técnica consiste em tratar o esfregaço bacteriano com o corante primário cristal violeta, seguido de lugol, um solvente orgânico e um contracorante, usualmente a fucsina (Madigan et al., 2016). O resultado obtido, ou seja, coloração roxo-azulada ou coloração rosa-avermelhada, é consequência da estrutura e da composição bioquímica da parede celular das bactérias (Figura 4).

Outra característica inerente às bactérias é que uma pequena fração desses seres se destacam pela sua capacidade de causar doenças em outros organismos por meio de mecanismos de virulência, como adesão às células, invasão de tecidos, produção de toxinas e evasão das respostas imunológicas. O estudo da patogenicidade bacteriana tem sido fundamental para o desenvolvimento de métodos de diagnóstico, além da prevenção e do tratamento de doenças infecciosas (Madigan et al., 2021; Murray; Pfaller; Rosenthal, 2023).

Como solução à problemática das infecções bacterianas, surgem os estudos direcionados aos compostos com propriedades antimicrobianas, bem como sua caracterização, classificação (sintéticos ou naturais) e as diferentes formas de ação destes fármacos na célula bacteriana. Hoje, os mecanismos de ação dos antibióticos já estão bem descritos, a saber: 1) interrupção do processo de formação da parede celular bacteriana; 2) modificações estruturais ou distúrbios na integridade da membrana plasmática; 3) bloqueio da tradução proteica atuando nas subunidades ribossomais 30S e 50S; 4) supressão da biossíntese de material genético,

especificamente DNA e RNA e 5) comprometimento das vias metabólicas vitais, a exemplo da síntese de ácido fólico (Madigan et al., 2021).

Apesar do sucesso da antibioticoterapia, há décadas que pesquisadores alertam o uso indiscriminado de antibióticos que poderia levar ao desenvolvimento de resistência aos mesmos, o que se agrava quando as bactérias possuem mecanismos genéticos, como mutações e transferência horizontal de genes, podendo esta característica ser transmitida para bactérias de uma mesma geração. Esta ideia passou a ser defendida pela comunidade científica, além de ser reforçada, por meio de estudos como os de Tomasz (1997) e Levy (2002), tornando ainda mais emergente a busca por novos compostos com atividade antibacteriana.

A Organização Mundial da Saúde (OMS) publicou em 2019 a ocorrência de aproximadamente 4,95 milhões de mortes associadas à resistência bacteriana, das quais cerca de 1,27 milhão foram diretamente atribuíveis à resistência aos antimicrobianos, destacando *Staphylococcus aureus* resistente à meticilina (MRSA), *Enterococcus* resistente à vancomicina (VRE), *Escherichia coli* produtora de ESBL, *Klebsiella pneumoniae* produtora de carbapenemase (KPC), *Acinetobacter baumannii* resistente a carbapenêmicos e *Pseudomonas aeruginosa* multirresistente como os patógenos mais preocupantes (WHO, 2023).

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Avaliar o potencial antibacteriano do óleo essencial de *Cannabis sativa* cultivada em condições controladas.

3.2 Objetivos específicos

- Avaliar a atividade antibacteriana de três óleos essenciais (rico em CBD, rico em TSH e Misto) de *Cannabis sativa* contra bactérias Gram-positivas e Gram-negativas utilizando a técnica do disco difusão;
- Determinar a Concentração Mínima Inibitória (CMI) dos óleos essenciais de *Cannabis sativa* por meio da técnica de microdiluição;
- Determinar a Concentração Mínima Bactericida (CMB) do óleo essencial de *Cannabis sativa* por meio da técnica de microdiluição;
- Correlacionar os resultados obtidos com os perfis antimicrobianos dos isolados bacterianos.

4. METODOLOGIA

4.1 Cultivo do vegetal e obtenção do óleo essencial

Os extratos de *C. sativa* obtidos para o desenvolvimento do presente projeto foram cedidos pela Associação Aliança Medicina (CNPJ: 43.178.635/0001-96), localizada em Olinda-PE, a qual é uma organização sem fins lucrativos que atua na produção de óleos à base de *Cannabis* e na assistência a pacientes submetidos à terapia com canabinoides. Além disso, a Aliança Medicinal possui autorização judicial para plantar, cultivar e distribuir produtos e medicamentos à base de *Cannabis*.

A planta é cultivada totalmente em ambiente fechado sob condições controladas de luminosidade, temperatura, fotoperíodo, umidade e nutrientes (Figuras 5 e 6). Foram estudadas três variações dos óleos essenciais, uma mais rica em THC e outra mais rica em CBD, a terceira “mista” com concentrações de CBD e THC similares.

O cultivar utilizado foi o Harley Quinn, da espécie de *Cannabis sativa*, tendo como origem os Estados Unidos da América. Além dos canabinóides principais como o CBD e THC, foram detectados por cromatografia outros canabinóides secundários como o Canabigerol (CBG), Canabinol (CBN), Canabivarina (CBV), Tetraidrocanabivarina (THCV), bem como terpenos e flavanóides.

4.2 Microrganismos teste

Os microrganismos teste foram as bactérias Gram positivas *Enterococcus faecalis* (NCTC 12697, sensível; NCTC 13379, isolado clínico,) e *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923, sensível; S1081, isolado clínico) e as Gram negativas *Escherichia coli* (NCTC 11954, sensível; U1072, isolado clínico) e *Klebsiella pneumoniae* (NCTC 13368, sensível; U1082, isolado clínico). As mesmas foram obtidas em colaboração com o Laboratório NUBIOTEC da UFRPE e cultivadas em ágar nutriente por 16 a 24 horas. Após confirmado o crescimento das colônias, foi feito o armazenamento sob refrigeração até sua utilização nos testes descritos a seguir.

As tabelas de 2 a 5 ilustram os perfis antimicrobianos dos microrganismos testes utilizados.

4.3 Avaliação da atividade antibacteriana do óleo essencial

Nesta etapa, baseado na metodologia de Bauer et al. (1966), foi realizado o método de difusão em disco. Para tal, foram preparados inóculos dos microrganismos teste na concentração de 10^8 UFC/ml em salina (0,85%) e a partir dessa suspensão de células, com o auxílio de um *swab*, foi realizado um semeio em tapete na superfície do meio de cultura Agar Muller-Hilton em placas de Petri. Em seguida, foram posicionados discos de papel impregnados com 20 μ L dos óleos em diferentes concentrações (50, 100 e 200 mg/ml em DMSO; p/v) para a superfície do ágar previamente inoculado com os microrganismos e incubados a 35°C por 16 a 24 horas para a análise da formação dos halos de inibição. Por fim, os diâmetros dos halos foram medidos com o auxílio de um paquímetro, e os valores expressos pela média das triplicatas.

4.4 Determinação da CMI e CMB

Nesta etapa, baseado na metodologia do protocolo do Clinical & Laboratory Standards Institute (CLSI), foram realizadas diluições seriadas duplas dos óleos, em meio Mueller Hinton, numa faixa de 0,0625 μ g/mL até 128 μ g/mL, com a adição de DMSO a 1% em todos, em uma placa de 96 poços para, em seguida, ser adicionado um volume padrão de 10 μ L (10^8 UFC/ml) de cada inóculo dos microrganismos teste aos poços.

O controle positivo foi caracterizado pelo inóculo no meio de cultura sem os óleos, enquanto o controle negativo foi caracterizado pelo meio de cultura sem o inóculo bacteriano. Após o cultivo de 16 a 24 horas a 28°C, o CMI foi baseado na turbidez, sendo a concentração mínima inibitória caracterizada pela ausência de turbidez.

Para a assertividade da CBM, foi feito o teste em ágar Mueller Hinton para a detecção do crescimento, após o cultivo de 16 a 24 horas, por meio da inoculação de 1 μ L na superfície do meio de cultura, partindo da menor diluição com ausência de turbidez para maior diluição de 128 μ g/mL. Foi considerada a CMB aquela concentração que matou a população bacteriana, ou seja, com ausência do crescimento de colônias. O fluxograma 1 ilustra as etapas da metodologia utilizada.

5. Resultados e discussão

5.1 Avaliação antibacteriana - método disco difusão

Após realização da técnica de disco difusão, foram observados halos de inibição frente a bactérias Gram positivas, tanto para cepas de coleção de cultura como para cepas clínicas, nas três concentrações avaliadas. Por outro lado, não foi observado halo de inibição frente às bactérias Gram negativas.

Quando observados os resultados obtidos para os óleos essenciais ricos em CBD e THC frente às bactérias Gram positivas, os maiores halos registrados foram de 12 mm e 11 mm para CBD frente a *S. aureus* (ATCC 25923) e *E. faecalis* (NCTC 13379; clínico), respectivamente. Para o óleo essencial rico em THC, foram registrados halos de 9 mm de diâmetro para todas as cepas bacterianas. Quando analisados os resultados do óleo essencial Misto, os maiores halos observados foram de 21 mm contra *S. aureus* (S1081; clínico) e de 19 mm para *S. aureus* (ATCC 25923); já para *E. faecalis* (NCTC 12697) e *E. faecalis* (NCTC 13379; clínico) os maiores halo foram de 15 mm e 17 mm, respectivamente (Tabela 6).

Os isolados sensíveis de *S. aureus* testados com THC apresentaram halos de inibição de 9 mm, resultados estes muito semelhantes aos isolados resistentes desta bactéria cultivados com o mesmo óleo essencial que apresentaram valores aproximados dos halos de inibição 9 mm (Figura 7).

Nas placas com isolados sensíveis de *S. aureus* cultivados com discos com CBD, houve a formação de halos ligeiramente maiores com valores aproximados de 12 mm para as concentrações de 50 mg/ml e 100 mg/ml, enquanto a concentração de 200 mg/ml apresentou diâmetros 11 mm. Em contrapartida, os resultados dos isolados resistentes apresentaram halos de 11mm, 10 mm e 9 mm para as concentrações de 50, 100 e 200, respectivamente (Figura 8).

Para as placas dos isolados sensíveis de *S. aureus* cultivados com discos com o óleo essencial misto, ocorreu um aumento considerável no diâmetro dos halos, saltando para 19 mm, 19 mm e 17 mm de 50 mg/ml, 100 mg/ml e 200 mg/ml, respectivamente. Por outro lado, os halos para os isolados resistentes cultivados com os mesmos discos, além de apresentarem resultados maiores que os compostos individuais, demonstraram diâmetros levemente superiores aos dos isolados sensíveis com os seguintes tamanhos de diâmetro: 21 mm, 20 mm e 19

mm, para as concentrações de 50 mg/ml, 100 mg/ml e 200 mg/ml, respectivamente (Figura 9).

Quando analisa-se os isolados sensíveis de *Enterococcus faecalis* cultivados com discos impregnados com CBD e os cultivados com discos impregnados com THC, não há uma variação de tamanho dos halos entre concentrações se mantendo assim em valores de 9 mm para ambos os compostos, porém, os isolados resistentes apresentam variações, sendo elas: 10 mm para 50, 10 mm para 100 e 11 mm para 200 (CBD); 9 mm para 50; 8 mm para 100 e 8 mm para 200 (THC) (Figura 10).

Ao verificar os resultados dos isolados de *Enterococcus faecalis* cultivados com discos com a mistura dos compostos, novamente encontraram-se halos com diâmetros consideravelmente maiores que os halos dos compostos individuais, vale notar também um leve aumento nos resultados do resistente em comparação com o sensível. Os tamanhos foram: 15 mm para as concentrações de 50, 100 e 200 dos isolados sensíveis, enquanto, para os isolados resistentes, os tamanhos foram: 16 mm; 16 mm e 17 mm para as concentrações de 50, 100 e 200 dos isolados sensíveis, respectivamente (Figura 11).

Destes isolados, é notável uma diferença significativa entre os halos de placas que possuem THC e CBD em comparação com os halos das placas nas quais foram utilizados o composto com a mistura de ambos canabinóides .

Neste estudo, observou-se atividade antimicrobiana contra isolados gram-positivos sendo eles *Staphylococcus aureus* e *Enterococcus faecalis*, entretanto, isolados gram-negativos, como *Klebsiella pneumoniae* e *Escherichia coli*, não apresentaram halos de inibição. Desse modo, os resultados sugerem que a presença da membrana externa exerce um papel significativo na proteção da célula contra os compostos utilizados, assim, devido a este mecanismo de proteção adotados pelas bactérias gram-negativas, apenas uma pequena quantidade dos compostos consegue alcançar a membrana interna, o que acabou por não ser o suficiente para desestabilizar a sua membrana interna e, então, causar a lise da bactéria. Porém, alguns estudos têm apresentado resultados no combate contra bactérias gram-negativas por meio da combinação de antibióticos com o composto permitindo assim combater essas bactérias resistentes (Abichabki *et al.*, 2022).

Ensaio de difusão em disco demonstram que CBD produz zonas de inibição significativas contra bactérias gram-positivas com halos variando entre 8 a 16 mm

(Namarach e Thaweeboon, 2025). Para o THC, apesar de existirem evidências de atividade inibitória, muitos dados sobre zona de inibição ainda são limitados (Klingeren e Ham, 1976).

A mistura dos compostos apresentou os maiores halos de inibição no antibiograma, o que pode indicar que a combinação dos compostos gerou uma maior atividade antibacteriana neste teste que aponta para uma possível interação entre compostos na qual a presença de ambos causou uma ação sinérgica sobre as bactérias.

5.2 CIM e CBM

A determinação da concentração inibitória mínima (CIM) nos permitiu avaliar quantitativamente a menor concentração necessária para impedir o crescimento das bactérias, assim, a realização desse ensaio nos forneceu uma medida mais precisa da atividade antibacteriana.

Após a realização do teste de CIM e análise dos resultados, foram obtidos que para os testes feitos com óleo essencial rico em THC, a cepa sensível de *S. aureus* apresentou efeito bacteriostático a partir da concentração de 8 µg/mL, enquanto a cepa resistente de *S. aureus* apresentou o mesmo efeito a 16 µg/mL. Além disso, a cepa sensível de *E. faecalis* apresentou efeito bacteriostático a partir de 16 µg/mL e a cepa resistente de *E. faecalis* apresentou a 8 µg/mL.

Os testes realizados com óleo essencial rico em CBD apresentaram efeitos bacteriostáticos sendo a diluição de 8 µg/mL igual para todas as cepas, sensíveis e resistentes, testados com este composto.

Quando realizados os testes com o composto misto (CBD+THC), a cepa sensível de *S. aureus* apresentou efeito bacteriostático a partir da diluição de 8 µg/mL. Para *E. faecalis* sensível observou-se este efeito na concentração de 16 µg/mL, resultado semelhante a *S. aureus* e *E. faecalis* resistentes, que foi de 16 µg/mL também.

Quando comparamos os três testes, podemos observar que o CBD foi o composto mais consistente possuindo a menor concentração inibitória para todas as bactérias testadas. Esse resultado está de acordo com os estudos de Blaskovich et al. (2021) no qual o CBD demonstrou atividade contra *S. aureus* resistente em concentrações de 1 a 8 µg/ml por depender da cepa utilizada. Uma possível explicação para isto se trata de um mecanismo de ação diferente devido a diferente

estrutura química do CBD e do THC, explicando também o motivo da mistura dos compostos ter apresentado 8 µg/mL contra *S. aureus*.

Quando feita a comparação dos compostos com dados do EUCAST Clinical Breakpoint Tables v.16.0 (Tabela 7 e gráfico 1), é possível notar que os valores dos compostos se encontram abaixo dos valores estabelecidos contra antibióticos utilizados frente a *S. aureus* gerando uma necessidade de experimentos *in vivo* para viabilidade da utilização dos compostos.

Porém, ao analisarmos e compararmos os valores dos compostos frente a *E. faecalis* e os valores dos antibióticos Gentamicina e Vancomicina (Tabela 8 e gráfico 2), observamos uma atividade por parte dos compostos que possivelmente pode ser explicado por possuírem diferente mecanismo de ação visto que ambos os compostos possuem mecanismo de ação de inibição de síntese sendo: gentamicina inibindo a síntese proteica bacteriana e vancomicina inibindo a síntese da parede celular bacteriana. Estudos apontam que o CBD e o THC possuem mecanismos de ação semelhantes, porém não idênticos, a beta-lactâmicos e lipopeptídeos (Zeng et al., 2025; Klinger e Ham, 1976).

Em relação à Concentração Bactericida Mínima (CBM), foi possível identificar para o óleo essencial rico em THC, atividade bactericida na concentração de 64 µg/ml para as cepas sensíveis de *St. aureus* e *E. faecalis*. O extrato apresentou atividade bactericida contra a cepa resistente de *St. aureus* apenas na concentração de 128 µg/ml. Vale notar que as concentrações utilizadas no presente teste com a cepa resistente de *E. faecalis* não apresentaram atividade bactericida.

No teste com o óleo essencial rico em CBD, foi possível observar atividade bactericida a partir das concentrações 64 µg/ml, 32 µg/ml, 128 µg/ml e 16 µg/ml para as cepas *S. aureus* sensível, *S. aureus* resistente, *E. faecalis* sensível e *E. faecalis* resistente, respectivamente.

Para o teste com o óleo essencial misto, detectou-se atividade bactericida na concentração de 32 µg/ml para *S. aureus* sensível e para *S. aureus* resistente. Foi observado resultado semelhante com ambas as cepas de *E. faecalis*, na qual, constatou-se atividade bactericida a partir de 32 µg/ml.

Ao analisar os resultados de CBM, nota-se resultados variados para os testes realizados com THC e CBD, no entanto, ao analisar-se os resultados do teste com o composto misto é possível notar resultados mais consistentes. No estudo de (Wieczerza et al., 2025), a concentração bactericida mínima de THC contra cepa de

Enterococcus faecalis resistente foi retratada na concentração de 64 µg/ml, enquanto que, para CBD, foi observado a partir de 16 µg/ml. Devido a combinação dos compostos é possível que novamente tenha ocorrido uma possível ação sinérgica tal qual ocorreu no teste de disco difusão, aumentando sua ação e possibilitando a morte do microrganismo teste.

O CBD apresenta atividade antimicrobiana significativa contra bactérias gram-positivas, por meio da desestabilização da membrana citoplasmática. No estudo de Blaskovich et al. (2021), o CBD vai promover a despolarização da membrana bacteriana, comprometendo a manutenção dos processos fisiológicos da bactéria além de promover a inibição da síntese de peptidoglicano, DNA, RNA e proteínas. Devido ao aumento da permeabilidade da membrana e da perda da sua integridade, ocorre a saída de componentes intracelulares causando a morte da célula bacteriana.

Vale ressaltar que, apesar do crescente interesse nos canabinoides como agente bactericida, as pesquisas mais recentes têm se concentrado bastante em CBD e CBG, enquanto os estudos envolvendo THC permanecem limitados. Também é importante ressaltar que, apesar de haver combinação de compostos em outros estudos, o foco principal tende para a combinação de canabinóides isolados combinados com antibióticos, assim, os resultados apresentados contribuem para atualizar o conhecimento sobre o composto e a combinação deles.

6. Conclusão

Neste estudo, conseguimos observar que os canabinóides apresentam potencial antibacteriano contra às bactérias Gram-positivas avaliadas apesar de não terem apresentado resultado referente às Gram-negativas. No ensaio de difusão em disco, os resultados corroboram a hipótese de que a membrana externa de bactérias gram-negativas atua como uma importante barreira contra a ação dos compostos. Esses resultados permitem apontar para uma possível pesquisa de combinações com outros compostos para observar sua atividade antibacteriana.

Na determinação do CIM, o CBD apresentou a atividade mais consistente contra todas as cepas investigadas, enquanto o THC e a mistura apresentaram variações entre as cepas investigadas, logo, os resultados sugerem que, nas condições estabelecidas no presente estudo, o CBD apresentou o melhor potencial bacteriostático.

Os resultados deste estudo demonstraram que cepas classificadas como resistentes permaneceram suscetíveis aos canabinóides utilizados, sugerindo que esses compostos podem agir por mecanismos diferentes dos envolvidos na resistência aos antimicrobianos que são usados.

Apesar de existir limitações devido a falta de padronização do uso dos canabinóides como antibacterianos, os resultados que foram obtidos contribuem no aumento do conhecimento sobre o potencial terapêutico dos compostos, além de reforçar a necessidade de novas pesquisas como ensaios de sinergismo e avaliações *in vivo*, com o objetivo de explorar novas alternativas para enfrentar a resistência bacteriana

REFERÊNCIAS

ABEL, E. L. **Marihuana: The First Twelve Thousand Years**. Boston, MA: Springer US, 1980.

ABICHABKI, N. et al. Potential cannabidiol (CBD) repurposing as antibacterial and promising therapy of CBD plus polymyxin B (PB) against PB-resistant gram-negative bacilli. **Scientific Reports**, v. 12, n. 1, 19 abr. 2022.

ANGELINI, P. Plant-Derived Antimicrobials and Their Crucial Role in Combating Antimicrobial Resistance. **Antibiotics**, v. 13, n. 8, p. 746–746, 9 ago. 2024.

BARAK, T. et al. Anti-Bacterial Effect of Cannabidiol against the Cariogenic *Streptococcus mutans* Bacterium: An In Vitro Study. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 23, n. 24, p. 1-15, 14 dez. 2022.

BAUER, A. W. et al. Antibiotic Susceptibility Testing by a Standardized Single Disk Method. **American Journal of Clinical Pathology**, v. 45, n. 4, p. 493–496, abr. 1966.

BLASKOVICH, M. A. T. et al. The antimicrobial potential of cannabidiol. **Communications Biology**, v. 4, 19 jan. 2021.

BRASIL. Decreto n.º 891, de 25 de novembro de 1938. **Coleção de Leis do Brasil**. Rio de Janeiro, RJ, v. 4, p. 148., 1938. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/declei/1930-1939/decreto-lei-891-25-novembro-1938-349873-publicacaooriginal-1-pe.html>. Acesso em: 2 nov 2025.

CARLINI, E. A. A história da maconha no Brasil. **Jornal Brasileiro de Psiquiatria**, v. 55, n. 4, p. 314–317, 2006.

CHINEMEREM NWOBODO, D. et al. Antibiotic resistance: The challenges and some emerging strategies for tackling a global menace. **Journal of Clinical Laboratory Analysis**, v. 36, n. 9, set. 2022.

CLARKE, R. C.; MERLIN, M. D. Cannabis Domestication, Breeding History, Present-day Genetic Diversity, and Future Prospects. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 35, n. 5-6, p. 293–327, 2 mar. 2017.

Clinical Breakpoint Tables. Disponível em: <https://www.eucast.org/bacteria/clinical-breakpoints-and-interpretation/clinical-breakpoint-tables/>.

CLINICAL AND LABORATORY STANDARDS INSTITUTE (CLSI). **Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing**. 36th ed. Wayne, PA: CLSI, 2026.

COELHO, S. G. et al. Daily associations between cannabis use and alcohol use among people who use cannabis for both medicinal and nonmedicinal reasons:

Substitution or complementarity?. **Psychology of Addictive Behaviors**, v. 37, n. 8, p. 1006–1018, dez. 2023.

COELHO, M. J. et al. Antimicrobial Potential of Cannabinoids: A Scoping Review of the Past 5 Years. **Microorganisms**, v. 13, n. 2, p. 325–325, 2 fev. 2025.

CORREDOR-PERILLA, I. C.; KWON, T.-H.; PARK, S.-H. Elevated relative humidity significantly decreases cannabinoid concentrations while delaying flowering development in *Cannabis sativa* L. **Frontiers in Plant Science**, v. 16, 16 nov. 2025.

DRUGBANK. **Cannabidiol**. Disponível em: <https://go.drugbank.com/drugs/DB09061>. Acesso em: 4 nov 2025.

DUCHIN, S. et al. New insights on flowering of *Cannabis sativa*. **Acta Horticulturae**, n. 1283, p. 17–20, 2020.

EUROPEAN BIOINFORMATICS INSTITUTE (EMBL-EBI). **ChEBI: CHEBI:66964 – delta(9)-tetrahydrocannabinol**. ChEBI: Chemical Entities of Biological Interest. Disponível em: <https://www.ebi.ac.uk/chebi/CHEBI:4716>. Acesso em: 5 nov. 2025.

EUROPEAN BIOINFORMATICS INSTITUTE (EMBL-EBI). **ChEBI: CHEBI:69478 – cannabidiol**. ChEBI: Chemical Entities of Biological Interest. Disponível em: <https://www.ebi.ac.uk/chebi/CHEBI:69478>. Acesso em: 5 nov. 2025.

ELSOHLY, Mahmoud A.; SLADE, Desmond. Chemical constituents of marijuana: the complex mixture of natural cannabinoids. **Life Sciences**, v. 78, n. 5, p. 539–548, 30 set. 2005.

FARHA, M. A. et al. Uncovering the Hidden Antibiotic Potential of Cannabis. **ACS Infectious Diseases**, v. 6, n. 3, p. 338–346, 13 mar. 2020.

FULLER, D. Q. Finding Plant Domestication in the Indian Subcontinent. **Current Anthropology**, v. 52, n. 4, p. 347–362, out. 2011.

HANUŠ, L. O.; MASLOV, L. N. A Brief but Concise History of the Discovery and Elucidation of the Structure of the Major Cannabinoids. **Psychoactives**, v. 4 n. 2, 10 abr. 2025.

HILLIG, K. W. Genetic evidence for speciation in Cannabis (Cannabaceae). **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 52, n. 2, p. 161–180, mar. 2005.

HILLIG, K. W.; MAHLBERG, P. G. A chemotaxonomic analysis of cannabinoid variation in Cannabis (Cannabaceae). **American journal of botany**, v. 91, n. 6, p. 966–975, jun. 2004.

ISEPPI, R. et al. Chemical Characterization and Evaluation of the Antibacterial Activity of Essential Oils from Fibre-Type Cannabis sativa L. (Hemp). **Molecules**, v. 24, n. 12, 21 jun. 2019.

KOBAYASHI, M. et al. Fossil hemp fruits in the earliest Jomon period from the Okinoshima site, Chiba Prefecture, Japan. **Japanese Journal of Historical Botany**, v. 16, n. 1, p. 11–18, abr. 2008.

KOZMA, L. The League of Nations and the Debate over Cannabis Prohibition. **History Compass**, v. 9, n. 1, p. 61–70, 4 jan. 2011.

LEGARE, C. A.; RAUP-KONSAVAGE, W. M.; VRANA, K. E. Therapeutic Potential of Cannabis, Cannabidiol, and Cannabinoid-Based Pharmaceuticals. **Pharmacology**, v. 107, n. 3-4, p. 131-149, 28 jan. 2022.

LEINEN, Z. J. et al. Therapeutic Potential of Cannabis: A Comprehensive Review of Current and Future Applications. **Biomedicines**, v. 11, n. 10, 25 set. 2023.

LEVY, Stuart B. **The Antibiotic Paradox: How the Misuse of Antibiotics Destroys Their Curative Powers**. 2. ed. New York: Plenum Publishers, 4 jan. 2002.

MADIGAN, M. T.; BROCK, T. D.; MARTINKO, J. M. **Brock biology of microorganisms**. 14. ed. Boston: Pearson, 2016.

MADIGAN, M. T. et al. **Brock biology of microorganisms**. 16. ed. Harlow, United Kingdom: Pearson Education Limited, 2021.

MARTINS, D. A.; POSSO, I. P. Legislação atual sobre cannabis medicinal: histórico, movimentos, tendências e contratendências no território brasileiro. **BrJP – Brazilian Journal of Pain**, São Paulo, v. 6, supl. 2, p. 75–79, 2023.

MCPARTLAND, J. M.; HEGMAN, W.; LONG, T. Cannabis in Asia: its center of origin and early cultivation, based on a synthesis of subfossil pollen and archaeobotanical studies. **Vegetation History and Archaeobotany**, v. 28, n. 6, p. 691–702, 14 maio 2019.

MEDIAVILLA, V.; LEUPIN, M.; KELLER, A. Influence of the growth stage of industrial hemp on the yield formation in relation to certain fibre quality traits. **Industrial Crops and Products**, v. 13, n. 1, p. 49–56, 17 nov. 2000.

MISHCHENKO, S. et al. Phenological growth stages of hemp (*Cannabis sativa* L.): codification and description according to the BBCH scale. **Žemės ūkio mokslai**, v. 24, n. 2, 25 jul. 2017.

MURRAY, Patrick R.; ROSENTHAL, Ken S.; PFALLER, Michael A. **Microbiologia médica**. 9. ed. Rio de Janeiro: GEN Guanabara Koogan, 2023.

NAMARACH, K.; THAWEEBOON, B. Antimicrobial Effects of Cannabidiol (CBD) on Oral Pathogens: A Comparative Analysis. **Annals of Dentistry and Oral Health**, v. 8, n. 1, 8 abr. 2025.

NICHOLS, J. M.; KAPLAN, B. L. F. Immune Responses Regulated by Cannabidiol. **Cannabis and Cannabinoid Research**, v. 5, n. 1, p. 12-31, 27 fev. 2020.

OLIVEIRA, D. L.; AMARAL, A. C. F.; RAMOS, A. S. Factors for Implementing Medical Cannabis Cultivation in Brazil. **The Natural Products Journal**, v. 15, n. 2, 25 abr. 2024.

PERTWEE, R. G. Cannabinoid pharmacology: the first 66 years. **British Journal of Pharmacology**, v. 147, n. S1, p. S163–S171, 9 jan. 2006.

PISANTI, S.; BIFULCO, M. Medical Cannabis: a Plurimillennial History of an Evergreen. **Journal of Cellular Physiology**, v. 234, n. 6, p. 8342–8351, jun. 2019.

REN, G. et al. Large-scale whole-genome resequencing unravels the domestication history of Cannabis sativa. **Science Advances**, v. 7, n. 29, 16 jul. 2021.

ROCK, E. M.; PARKER, L. A. Constituents of Cannabis Sativa. **Advances in Experimental Medicine and Biology**, v. 1264, p. 1–13, 18 dez. 2020.

RULL, V. Origin, early expansion, domestication and anthropogenic diffusion of Cannabis, with emphasis on Europe and the Iberian Peninsula. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v. 55, 1 abr. 2022.

RULL, V. et al. Historical biogeography of Cannabis in the Iberian Peninsula: A probabilistic approach using palynological evidence. **Perspectives in Plant Ecology Evolution and Systematics**, v. 58, 1 mar. 2023.

SALAM, M. A. et al. Antimicrobial Resistance: a Growing Serious Threat for Global Public Health. **Healthcare**, v. 11, n. 13, 25 nov. 2023.

SCATTONE, H. et al. Patterns of cannabis use for medical reasons in Brazil: An exploratory latent class analysis study. **International Journal of Drug Policy**, v. 143, 7 jul. 2025.

SHOLLER, D. J.; SCHOENE, L.; SPINDLE, T. R. Therapeutic Efficacy of Cannabidiol (CBD): a Review of the Evidence From Clinical Trials and Human Laboratory Studies. **Current Addiction Reports**, v. 7, n. 3, p. 405–412, 25 jul. 2020.

SMALL, E.; CRONQUIST, A. A PRACTICAL AND NATURAL TAXONOMY FOR CANNABIS. **TAXON**, v. 25, n. 4, p. 405–435, ago. 1976.

STEVENS, C. J. et al. Between China and South Asia: A Middle Asian corridor of crop dispersal and agricultural innovation in the Bronze Age. **The Holocene**, v. 26, n. 10, p. 1541–1555, 28 jul. 2016.

TOMASZ, A. Antibiotic Resistance in Streptococcus pneumoniae. **Clinical Infectious Diseases**, v. 24, 1997.

VAN KLINGEREN, B.; TEN HAM, M. Antibacterial activity of Δ^9 -tetrahydrocannabinol and cannabidiol. **Antonie van Leeuwenhoek**, v. 42, n. 1-2, p. 9–12, mar. 1976.

WARF, B. High Points: An Historical Geography of Cannabis. **Geographical Review**, v. 104, n. 4, p. 414–438, 1 out. 2014.

WIECZERZA, C. et al. Antibacterial Effect of Cannabinoids on Bacteria Associated with Persistent Endodontic Infections. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 26, n. 24, 11 dez. 2025.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Antimicrobial resistance**. Geneva: World Health Organization, 2023. Disponível em: [WHO – Antimicrobial resistance \(Fact Sheet\)](#). Acesso em: 26 jun. 2026.

YOSBOONRUANG, A., et al. Potential of Cannabidiol (CBD) to overcome extensively drug-resistant *Acinetobacter baumannii*. **PubMed**, v. 25, n. 1, p. 308, 15 ago. 2025.

ZENG, H. et al. Proteomic and metabolomic analyses reveal the antibacterial mechanism of Cannabidiol against gram-positive bacteria. **Journal of Proteomics**, v. 315, 15 mai. 2025.

ZHANG, M. et al. Photoperiodic Flowering Response of Essential Oil, Grain, and Fiber Hemp (*Cannabis sativa* L.) Cultivars. **Frontiers in Plant Science**, v. 12, 1 ago. 2021.

APÊNDICE A – FIGURAS

Figura 5 - Exemplos de *Cannabis* cultivadas *indoor* em ambiente controlado em contêineres nas dependências da Associação Aliança Medicinal.



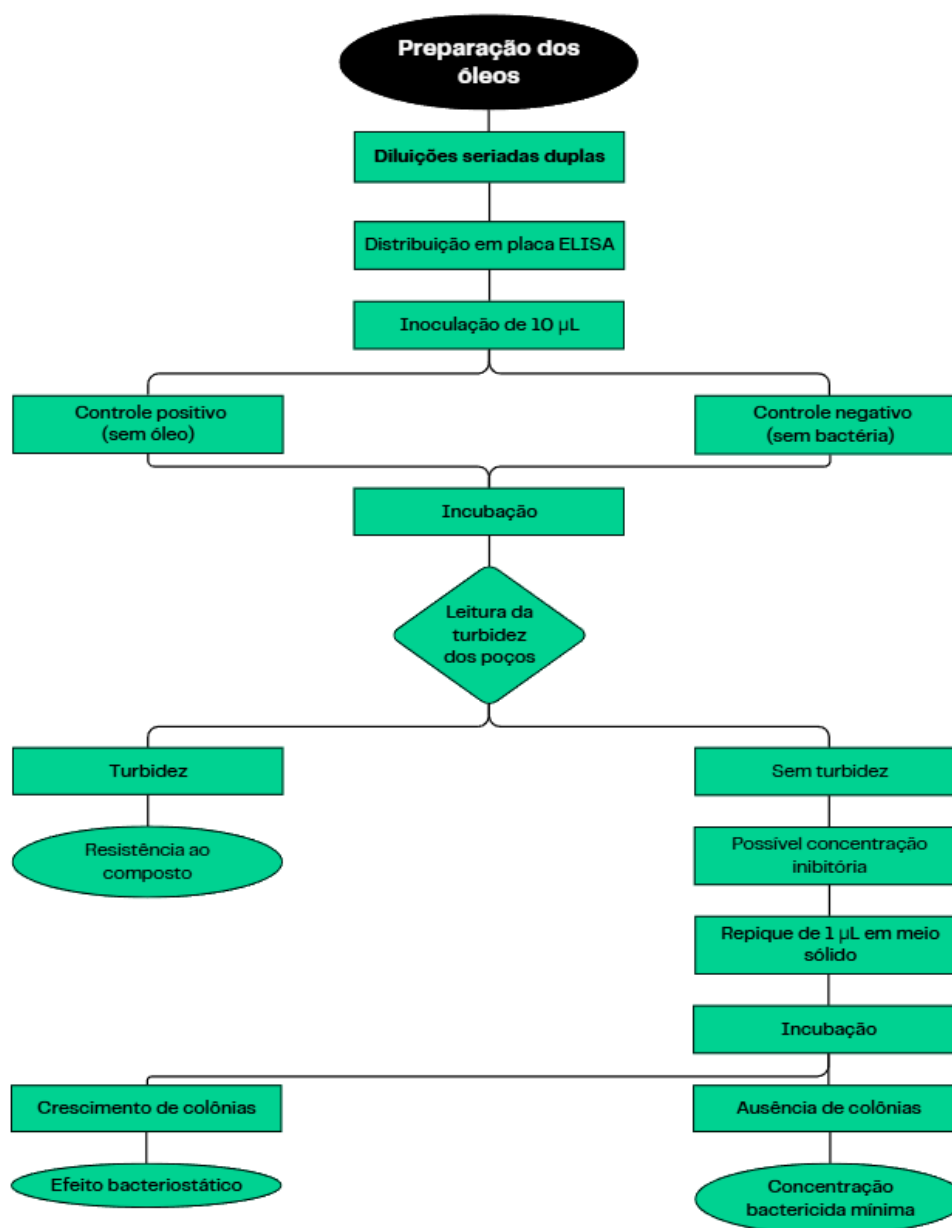
Fonte - O autor (2026).

Figura 6 - Detalhe das inflorescências de exemplares de *Cannabis* em seu estado fenológico ideal para extração dos óleos essenciais



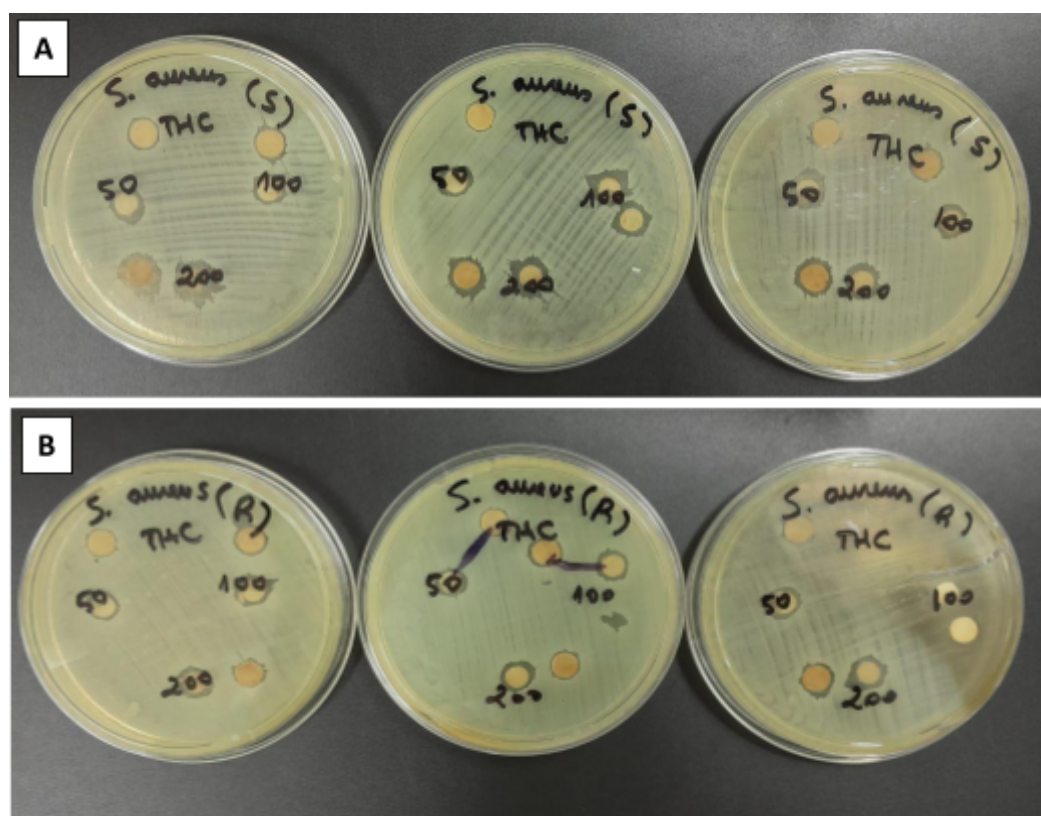
Fonte: O Autor (2026).

Fluxograma 1 – Etapas da metodologia utilizada para a determinação de CIM e CBM de óleos essenciais de *C. sativa* frente a bactérias.



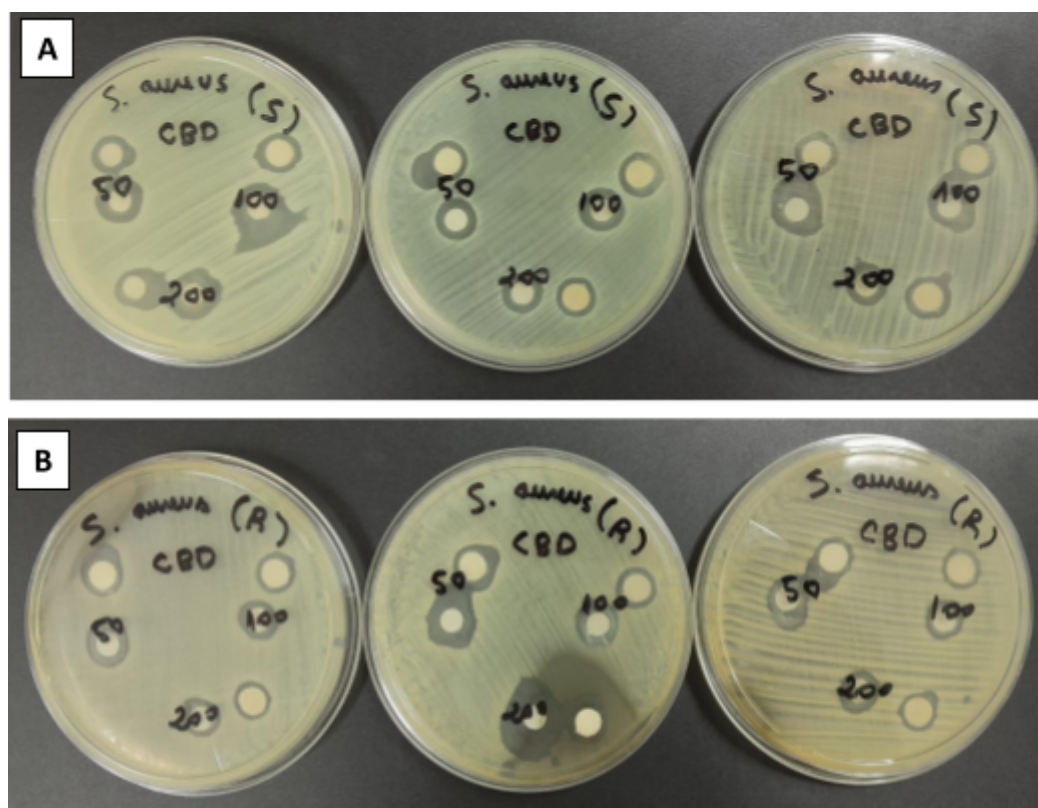
Fonte: O autor (2026).

Figura 7 - Teste de disco difusão com THC contra *S. aureus* (A – sensível; B – resistente)



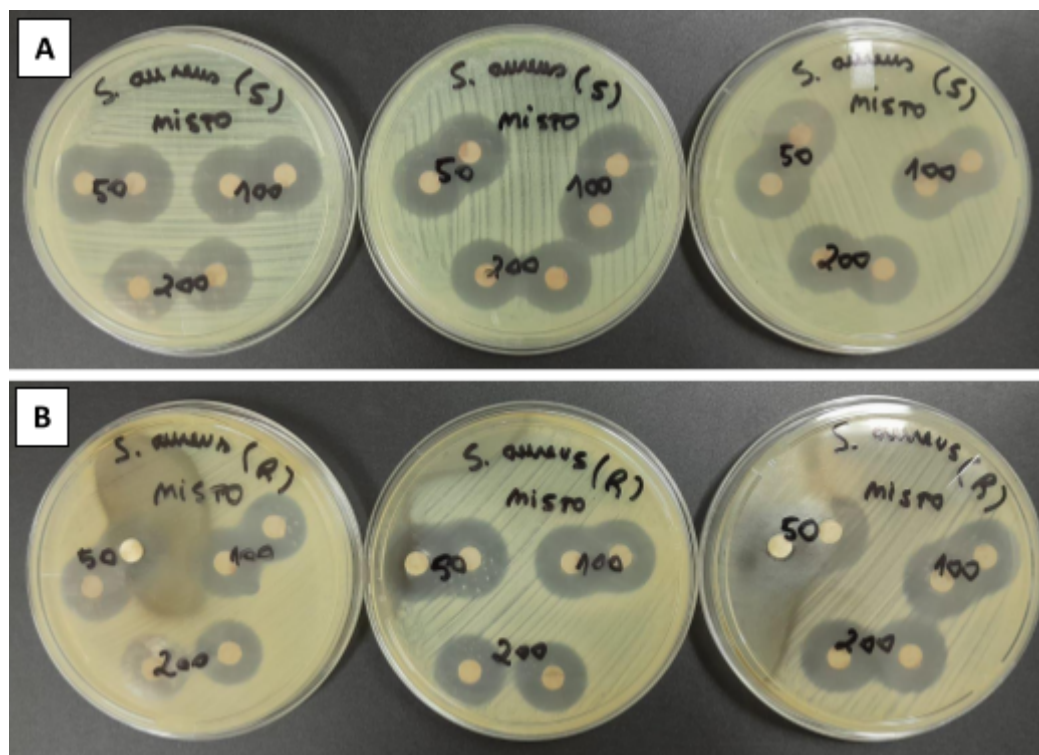
Fonte: O autor (2026).

Figura 8 - Teste de disco difusão com CBD contra *S. aureus* (A – sensível; B – resistente)



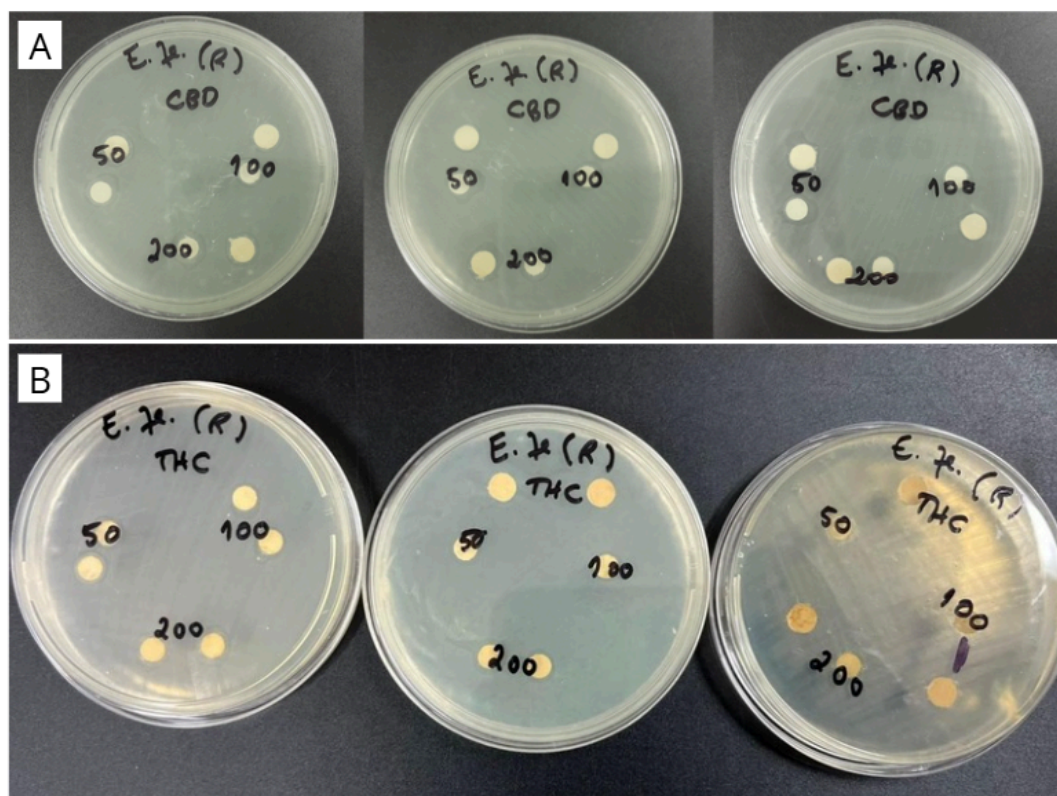
Fonte: O autor (2026).

Figura 9 - Teste de disco difusão com óleo Misto contra *S. aureus* (A – sensível; B – resistente)



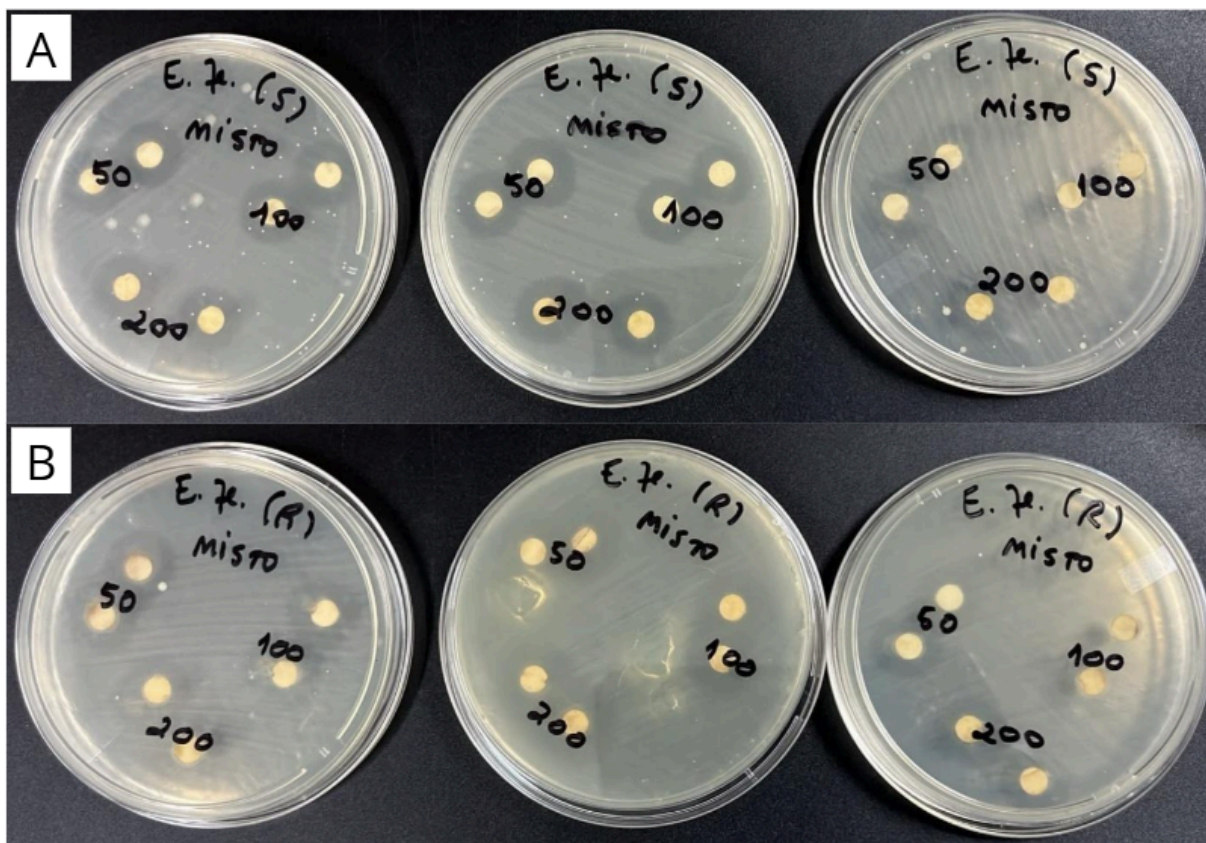
Fonte: O autor (2026).

Figura 10 - Teste de disco difusão com óleos CBD e THC contra *E. faecalis* (A – resistente; B – resistente)



Fonte: O autor (2026).

Figura 11 - Teste de disco difusão com óleo Misto contra *E. faecalis* (A – sensível; B – resistente)



Fonte: O autor (2026).

APÊNDICE B – TABELAS E GRÁFICOS

Tabela 2 - Perfil antimicrobiano cepas ATCC *E. faecalis* utilizadas

ATB	NCTC 12697	NCTC 13379
AMINOGLICOSÍDEOS		
Gentamicina (GEN) triagem HLAR – disco 120 µg	4–16 µg/mL (S) (sem HLAR)	≥ 512 µg/mL (R) (HLAR)
BETA-LACTÂMICOS		
Ampicilina (AMP)	≤ 8 µg/mL (S)	≤ 8 µg/mL (S)
Imipenem (IPM)	0,5–2 µg/mL (S)	0,5–2 µg/mL (S)
GLICOPEPTÍDEOS		
Vancomicina (VAN)	1–4 µg/mL (S)	> 32 µg/mL (R)
Teicoplanina (TEC)	0,25–1 µg/mL (S)	≤ 0,5 µg/mL (S)
FLUOROQUINOLONAS		
Ciprofloxacino (CIP)	0,25–2 µg/mL (S)	0,25–2 µg/mL (S)
OXAZOLIDINONAS		
Linezolida (LZD)	1–4 µg/mL (S)	1–4 µg/mL (S)

Fonte: EUCAST Clinical Breakpoint Tables v.16.0 (2026), CLSI M100-Ed36 (2026).

Tabela 3 - Perfil antimicrobiano cepas ATCC e do isolado clínico de *K. pneumoniae* utilizadas

(Continua)

ATB	NCTC 13368	U1082
Amp-sulbactam (SAM)	MIC 1–4 µg/mL (S)	MIC > 16 µg/mL (R)
Cefepime (FEP)	MIC 0,016–0,125 (S)	MIC > 8 µg/mL (R)
Cefotaxime (CTX)	MIC > 2 µg/mL (R)	MIC > 2 µg/mL (R)
Ciprofloxacino (CIP)	MIC 0,004–0,016 µg/mL (S)	MIC > 1 µg/mL (R)
Colistina (CST)	MIC 0,25–1 µg/mL (S)	MIC ≤ 2 µg/mL (S)
Ertapenem (ETP)	1–4 µg/mL (S)	MIC > 0,5 µg/mL (R)
Gentamicina (GEN)	0,25–1 µg/mL (S)	MIC > 1 µg/mL (R)
Imipenem (IPM)	MIC 0,06–0,5 µg/mL (S)	MIC > 8 µg/mL (R)

(Conclusão)		
ATB	NCTC 13368	U1082
Meropenem (MEM)	MIC 0,008–0,06 µg/mL (S)	MIC > 8 µg/mL (R)
Pip-tazobactam (TZP)	MIC 1–8 µg/mL	MIC > 8 µg/mL (R)

Fonte: EUCAST Clinical Breakpoint Tables v.16.0 (2026), CLSI M100-Ed36 (2026).

Tabela 4 - Perfil antimicrobiano cepas ATCC e do isolado clínico de *S. aureus* utilizadas

ATB	ATCC 25923	S1081
Oxacilina/Meticilina (OXA)	MIC ≤ 2 µg/mL (S)	MIC > 2 µg/mL (R)
Ciprofloxacino (CIP)	MIC 0,125–0,5 µg/mL (S)	MIC > 1 µg/mL (R)
Clindamicina (CLI)	MIC 0,06–0,25 µg/mL (S)	MIC > 0,5 µg/mL (R)
Eritromicina (ERY)	MIC 0,25–1 µg/mL (S)	MIC > 2 µg/mL (R)
Gentamicina (GEN)	MIC 0,125–1 µg/mL (S)	MIC > 1 µg/mL (R)
Linezolida (LZD)	MIC 1–4 µg/mL (S)	MIC ≤ 4 µg/mL (S)

Fonte: EUCAST Clinical Breakpoint Tables v.16.0 (2026), CLSI M100-Ed36 (2026).

Tabela 5 - Perfil antimicrobiano cepas ATCC e do isolado clínico de *E. coli* utilizadas

ATB	NCTC 13368	U1082
Aztreonam (ATM)	MIC 0,06–0,25 µg/mL (S)	MIC > 1 µg/mL (R)
Cefepime (FEP)	MIC 0,016–0,125 (S)	MIC > 8 µg/mL (R)
Cefotaxime (CTX)	MIC 0,03–0,125 µg/mL (R)	MIC > 2 µg/mL (R)
Ertapenem (ETP)	MIC 0,004–0,016 µg/mL (S)	MIC ≤ 0,5 µg/mL (S)
Gentamicina (GEN)	MIC 0,25–1 µg/mL (S)	MIC ≤ 1 µg/mL (S)
Imipenem (IPM)	MIC 0,06–0,5 µg/mL (S)	MIC ≤ 8 µg/mL (S)
Nitrofurantoína (NIT)	MIC 4–16 µg/mL (S)	MIC ≤ 64 µg/mL (S)
Pip-tazobactam (TZP)	TEM-1 ctrl inibidor (R)	MIC ≤ 8 µg/mL (S)

Fonte: EUCAST Clinical Breakpoint Tables v.16.0 (2026), CLSI M100-Ed36 (2026).

Tabela 6. Média dos diâmetros (mm) dos halos de inibição após ação de óleos essenciais ricos em CBD, THC e Misto de *C. sativa* frente a bactérias Gram positivas e Gram-negativas

Microrganismo teste	CBD mg/ml			THC mg/ml			MISTO mg/ml		
	50	100	200	50	100	200	50	100	200
<i>S. aureus</i> (ATCC 25923)	12	12	11	9	9	9	19	19	17
<i>S. aureus</i> (S1081; clínico)	11	10	9	9	9	9	21	20	19
<i>E. faecalis</i> (NCTC 12697)	9	9	9	9	9	9	15	15	15
<i>E. faecalis</i> (NCTC 13379; clínico)	10	10	11	9	9	9	16	16	17

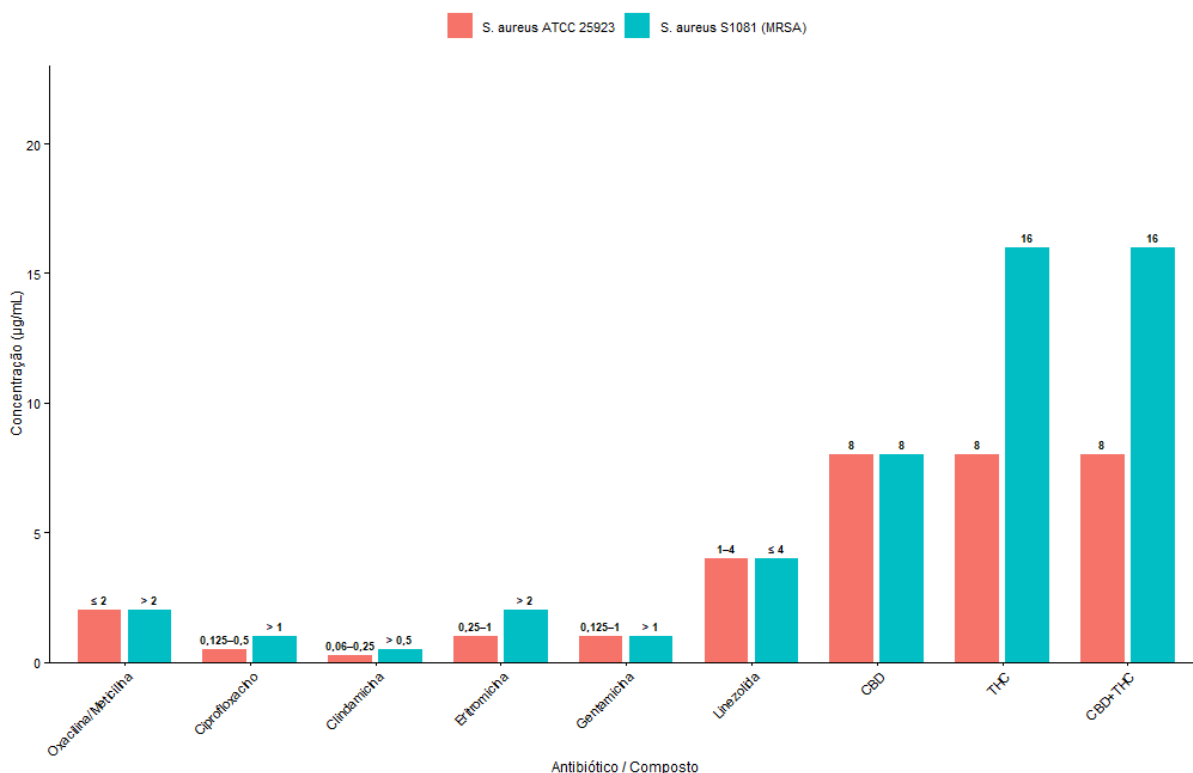
Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Tabela 7 - Comparação entre o perfil antimicrobiano e a atividade dos canabinoides frente cepas de *S. aureus*

Antibiótico/Composto	<i>S. aureus</i> ATCC 25923	<i>S. aureus</i> S1081 (MRSA)
Oxacilina/Meticilina	≤ 2 µg/mL (S)	> 2 µg/mL (R)
Ciprofloxacino	0,125–0,5 µg/mL (S)	> 1 µg/mL (R)
Clindamicina	0,06–0,25 µg/mL (S)	> 0,5 µg/mL (R)
Eritromicina	0,25–1 µg/mL (S)	> 2 µg/mL (R)
Gentamicina	0,125–1 µg/mL (S)	> 1 µg/mL (R)
Linezolida	1–4 µg/mL (S)	≤ 4 µg/mL (S)
CBD	8 µg/mL (S)	8 µg/mL (S)
THC	8 µg/mL (S)	16 µg/mL (S)
CBD+THC	8 µg/mL (S)	16 µg/mL (S)

Fonte: Elaborado pelo autor (2026), com base no perfil antimicrobiano EUCAST Clinical Breakpoint Tables v.16.0 (2026).

Gráfico 1 - Concentração Mínima Inibitória (CIM) de Antibióticos e Canabinoides frente a cepas de *Staphylococcus aureus*



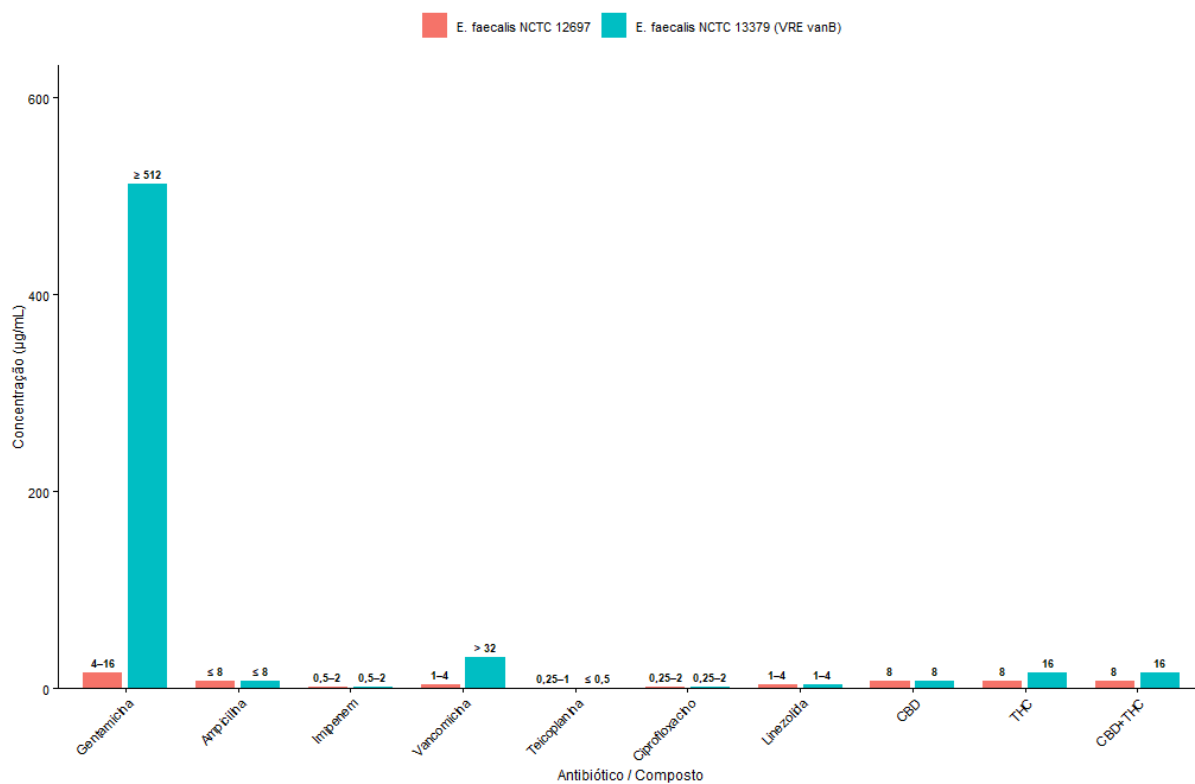
Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Tabela 8 - Comparação entre o perfil antimicrobiano e a atividade dos canabinoides frente cepas de *E. faecalis*

Antibiótico/Composto	<i>E. faecalis</i> NCTC 12697	<i>E. faecalis</i> NCTC 13379 (VRE vanB)
Gentamicina	4–16 µg/mL (S)	≥ 512 µg/mL (R)
Ampicilina	≤ 8 µg/mL (S)	≤ 8 µg/mL (S)
Imipenem	0,5–2 µg/mL (S)	0,5–2 µg/mL (S)
Vancomicina	1–4 µg/mL (S)	> 32 µg/mL (R)
Teicoplanina	0,25–1 µg/mL (S)	≤ 0,5 µg/mL (S)
Ciprofloxacino	0,25–2 µg/mL (S)	0,25–2 µg/mL (S)
Linezolida	1–4 µg/mL (S)	1–4 µg/mL (S)
CBD	8 µg/mL (S)	8 µg/mL (S)
THC	8 µg/mL (S)	16 µg/mL (S)
CBD+THC	8 µg/mL (S)	16 µg/mL (S)

Fonte: Elaborado pelo autor (2026), com base no perfil antimicrobiano EUCAST Clinical Breakpoint Tables v.16.0 (2026).

Gráfico 2 - Concentração Mínima Inibitória (CIM) de Antibióticos e Canabinoides frente a cepas de *Enterococcus faecalis*



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

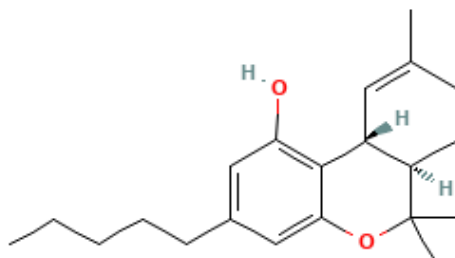
ANEXO A – FIGURAS E TABELAS

Tabela 1 - Concentrações inibitórias mínimas de CBD e THC frente a bactérias Gram positivas e Gram negativas

positivas e Gram negativas					
	Número de cepas	Agar Nutriente	Agar Nutriente	Agar Sangue	Agar Sangue
		(THC)	(CBD)	(THC)	(CBD)
Microrganismos		MIC µg/ml			
<i>Staphylococcus aureus</i>	4	2–5	1–2	20–50	20–50
<i>Streptococcus pyogenes</i>	1	5	2	50	50
<i>Streptococcus milleri</i>	1	2	1	50	50
<i>Streptococcus faecalis</i>	1	5	5	–	–
<i>Escherichia coli</i>	4	>100	>100	–	–
<i>Salmonella typhi</i>	1	>100	>100	–	–
<i>Proteus vulgaris</i>	1	>100	>100	–	–

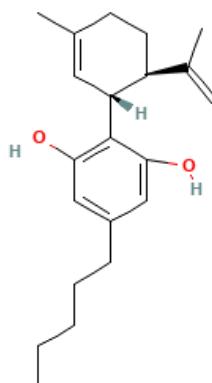
Fonte: [Antibacterial activity of Δ9-tetrahydrocannabinol and cannabidiol | Antonie van Leeuwenhoek | Springer Nature Link](#)

Figura 1 - Estrutura química do tetrahidrocanabinol



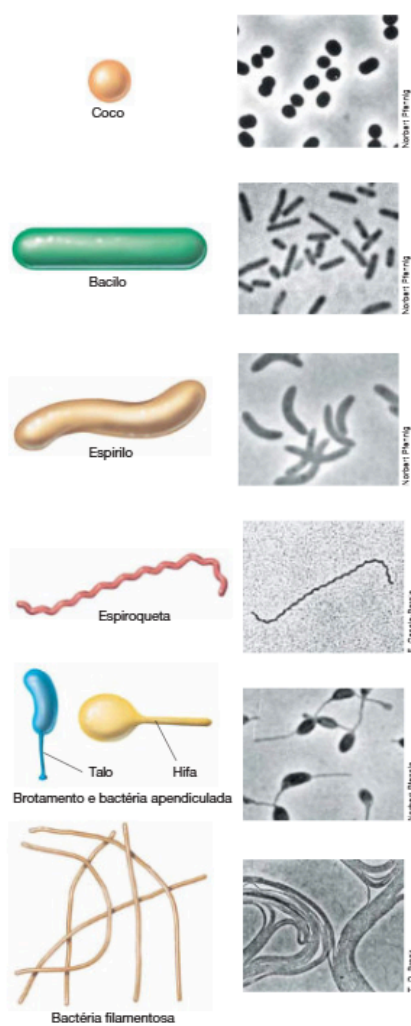
Fonte: [Tetrahydrocannabinol | C21H30O2 | CID 16078 - PubChem](#)

Figura 2 – Estrutura química do Canabidiol



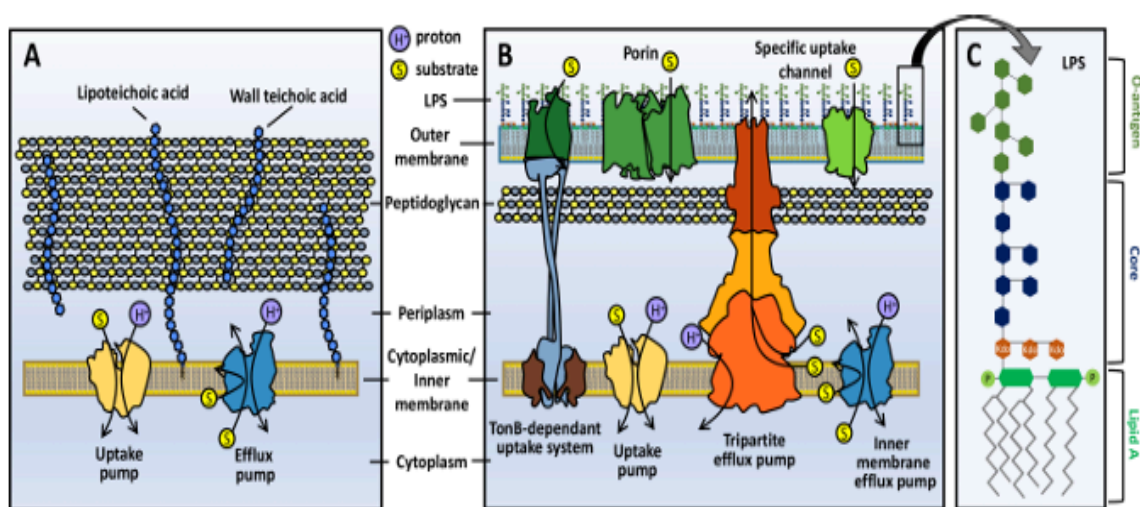
Fonte: [Cannabidiol | C₂₁H₃₀O₂ | CID 644019 - PubChem](#)

Figura 3 - Diferentes morfologias celulares de bactérias



Fonte: Madigan et al. (2016)

Figura 4 - Representação simplificada do envelope celular de bactérias Gram-positiva (A) e Gram-negativa (B). Ambos os tipos de envelopes contêm uma membrana citoplasmática (frequentemente denominado a membrana interna em Gram-negativas) consiste de fosfolipídios, cercada de uma camada de peptidoglicano. Em Gram-positivas, a camada de peptidoglicano é mais espessa e contém ácidos teicoicos ligados ao peptidoglicano apenas (ácidos teicoicos da parede) ou peptidoglicano e a membrana celular (ácidos lipoteicoicos). Espécies Gram-negativas possuem uma segunda membrana externa com um folheto interno composto majoritariamente de fosfolipídios e um folheto externo composto majoritariamente de lipopolissacarídeos (LPS). As moléculas de LPS (C) consistem de três componentes: lipídio A, um núcleo de oligossacarídeo variado e uma cadeia de oligossacarídeo variado denominada antígeno O. Assim como os lipídios, ambas as membranas também contêm proteínas. A membrana citoplasmática contém proteínas de captação e bombas de efluxo, as quais, nas bactérias Gram-negativas, podem ser bombas de componente único que atravessam a membrana interna ou bombas tripartidas que atravessam ambas as membranas. A membrana externa das bactérias Gram-negativas também contém canais de captação específicos e porinas gerais. (Tradução própria)



Fonte: [The Gram-negative permeability barrier: tipping the balance of the in and the out | mBio](#)