

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE BIOTECNOLOGIA
CURSO DE BIOTECNOLOGIA

Triagem do Potencial Antimicrobiano de Nove Bactérias Isoladas do Alimento Larval de
Abelhas Sem Ferrão Nativas do Brasil.

Gabriela Carvalho Batista

Monografia apresentada à Coordenação
do Curso de Biotecnologia, da
Universidade Federal de Uberlândia,
para obtenção do grau de Bacharel em
Biotecnologia.

Uberlândia - MG
Setembro - 2025

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE BIOTECNOLOGIA
CURSO DE BIOTECNOLOGIA

Triagem do Potencial Antimicrobiano de Nove Bactérias Isoladas do Alimento Larval de
Abelhas Sem Ferrão Nativas do Brasil.

Gabriela Carvalho Batista

Prof. Dr. Carlos Ueira Vieira

Dr. Ana Carolina Costa Santos

Monografia apresentada à Coordenação
do Curso de Biotecnologia, da
Universidade Federal de Uberlândia,
para obtenção do grau de Bacharel em
Biotecnologia.

Uberlândia - MG

Setembro - 2025

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE BIOTECNOLOGIA
CURSO DE BIOTECNOLOGIA

Triagem do Potencial Antimicrobiano de Nove Bactérias Isoladas do Alimento Larval de
Abelhas Sem Ferrão Nativas do Brasil.

Gabriela Carvalho Batista

Prof. Dr. Carlos Ueira Vieira
Instituto de Biotecnologia

Dr. Ana Carolina Costa Santos
Instituto de Biotecnologia

Homologado pela coordenação do Curso de
Biotecnologia em __/__/__

Rute Magalhães Brito

Uberlândia - MG
Setembro - 2025

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE BIOTECNOLOGIA
CURSO DE BIOTECNOLOGIA

Triagem do Potencial Antimicrobiano de Nove Bactérias Isoladas do Alimento Larval de Abelhas Sem Ferrão Nativas do Brasil.

Gabriela Carvalho Batista

Aprovado pela Banca Examinadora em: // Nota: ____

Carlos Ueira Vieira

Uberlândia, 29 de Setembro de 2025

AGRADECIMENTOS

Queria agradecer primeiramente aos meus pais, que não mediram esforços para que eu pudesse seguir meus sonhos. Sempre me apoiaram nos momentos difíceis e estiveram do meu lado nos alegres. Sem eles nada disso seria possível. Agradecer também à minha irmã, que sempre me apoiou, me ouviu e me consolou por todo esse tempo, mesmo de longe.

Às minhas tias e madrinhas, que prestaram todo apoio à mim e à minha família para que eu pudesse continuar estudando. Vocês fazem parte dessa conquista.

À quem me acolheu em Uberlândia assim que eu cheguei, Juliene, Sergio, Mariana e Beatriz. Vocês foram essenciais no começo da minha formação e na adaptação à nova rotina, sou muito grata por terem me acolhido.

Agradeço imensamente à minha coorientadora, Dr. Ana Carolina Costa Santos, pelos ensinamentos, companheirismo, puxões de orelha e confiança depositada em mim ao longo desses anos. Sua contribuição foi essencial não apenas no ambiente do laboratório, mas também no pessoal, com conselhos e ensinamentos para vida toda.

À minha companheira de laboratório, Rafaela Cavalcante, que ajudou à deixar essa trajetória mais leve. Foram muitos experimentos, fofocas, louças lavadas, estresses e descobertas que passamos juntas.

Aos meus amigos Mariana, Victória, Thomas, Letícia, Luísa e meu homie Victor, por terem proporcionado os momentos mais divertidos e descontraídos da minha graduação. Vocês foram essenciais nessa caminhada. Em especial à Sophia, que esteve do meu lado em todos os momentos bons e ruins.

Às minhas amigadas da B25 Maria Eduarda, Eduardo, Luiza, Rafaela e Pedro, que dividiram comigo o ambiente da sala de aula, deixando ele mais leve. Sem vocês, muitas aulas teriam sido mais difíceis de enfrentar.

À Bateria Incendiária, por ter sido um grande refúgio dentro do ambiente acadêmico, me mantendo conectada com a música e proporcionando as melhores memórias da minha graduação.

Agradeço por cada momento, amizades e sambas subidos, que ajudaram na minha saúde mental durante muitos anos.

À toda a equipe do Laboratório de Genética de Biotecnologia da UFU por permitirem que eu realizasse meus experimentos com todo o suporte, apoio e infraestrutura necessária. Em especial ao Professor Dr. Carlos Ueira, pela orientação e ensinamentos. Obrigada pelo acolhimento.

E por fim à Deus, que me permitiu experienciar a vida universitária que tanto sonhei.

RESUMO

Bactérias isoladas de abelhas sem ferrão têm-se demonstrado como fontes promissoras de biomoléculas, devido aos seus efeitos antioxidantes, anti-inflamatórios, enzimáticos e antimicrobianos, com grande potencial biotecnológico para as áreas da indústria, agricultura e saúde. Na saúde, a disseminação de bactérias multirresistentes aos antibióticos comercialmente disponíveis e o aumento de infecções graves causadas por esses patógenos, torna urgente a descoberta de novas biomoléculas com potencial antimicrobiano. Dessa forma, o presente estudo tem como objetivo avaliar o potencial biotecnológico de bactérias isoladas de alimento larval de abelhas sem ferrão, capazes de produzir biomoléculas com ação antimicrobiana. Para isso, 9 bactérias da Coleção de Micro-organismos Isolados de Abelha sem Ferrão do Laboratório de Genética da Universidade Federal de Uberlândia foram selecionadas para a execução dos testes. Para o ensaio antimicrobiano, as bactérias foram crescidas em meio líquido para produção do sobrenadante, posteriormente testado quanto à ação antimicrobiana em bactérias multirresistentes (*Escherichia coli* MCR, *Staphylococcus aureus* MRSA, *Acinetobacter baumannii*, *Pseudomonas aeruginosa* 01, *Pseudomonas aeruginosa* VIM, *Pseudomonas aeruginosa* SPM, *Pseudomonas aeruginosa* IMP e *Klebsiella pneumoniae carbapenemase* (KPC) pelo teste de Difusão em. Os resultados obtidos foram significativos para 4 sobrenadantes, sendo eles Ta-BHI-19, Ta-OAT-35, Mq-MCK-2 e Ta-TSA-28, que inibiram o crescimento de 5 bactérias diferentes: *Klebsiella pneumoniae carbapenemase*, *Staphylococcus aureus* MRSA, *Acinetobacter baumannii*, *Pseudomonas aeruginosa* VIM e *Pseudomonas aeruginosa* IMP. A partir desse resultado foi possível fracionar os sobrenadantes e identificar as frações que melhor inibiam o crescimento em cada bactéria. Obtendo resultados significativos para ambas frações proteicas e metabólicas e principalmente a fração N-butanol, que inibiu o crescimento em todas as 4 bactérias resistentes testadas.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	7
1.1 As abelhas	7
1.2 Propriedades dos produtos das abelhas	7
1.3 Biomoléculas.....	8
1.4 Potencial antimicrobiano.....	10
1.5 Bactérias resistentes	10
2. OBJETIVOS.....	11
3. METODOLOGIA	11
3.1 Produção do sobrenadante	12
3.2 Teste de difusão em disco	12
3.3 Fracionamento do sobrenadante.....	12
3.4 Fracionamento da porção metabólica	12
3.5 Concentração inibitória mínima (MIC).....	13
4. RESULTADOS.....	13
4.1 Identificação das bactérias	13
4.2 Sobrenadante total.....	14
4.3 Frações proteicas.....	15
4.4 Frações metabólicas	17
4.5 Frações da metabólica	18
5. DISCUSSÃO.....	21
6. CONCLUSÃO	24
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25

1. INTRODUÇÃO

A crescente resistência de microrganismos patogênicos aos antibióticos convencionais representa um dos maiores desafios da saúde pública global. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), estamos entrando em uma era pós-antibiótica, em que infecções comuns podem voltar a ser letais devido à ineficácia dos tratamentos disponíveis. Esse cenário impulsiona a busca por novas biomoléculas com atividade antimicrobiana, especialmente aquelas provenientes de fontes naturais, como plantas, fungos e produtos de organismos sociais, como as abelhas

1.1 As abelhas

No mundo existem cerca de 20.000 espécies de abelhas conhecidas, sendo a maioria espécies solitárias e aproximadamente 1.000 espécies de abelhas sociais. Elas possuem uma grande importância ecológica devido a essa diversidade e seu papel na polinização (IMPERATRIZ-FONSECA, 2010). Entre as abelhas sociais, destacam-se as sem ferrão (tribo Meliponini), com cerca de 400 a 500 espécies conhecidas, distribuídas principalmente em regiões tropicais (BRADBPEAR, 2009). O Brasil abriga a maior diversidade mundial de abelhas sem ferrão, com aproximadamente 250 a 300 espécies descritas, amplamente distribuídas em biomas como a Amazônia, o Cerrado, a Mata Atlântica e a Caatinga (FELIPE NETO, 2015).

Segundo Kerr et al. (1996), espécies do gênero *Melipona* desempenham papel essencial na polinização do bioma amazônico, enquanto no Nordeste brasileiro, *Melipona subnitida* é considerada uma das principais polinizadoras da Caatinga (FELIPE NETO, 2015). A polinização é de extrema importância para a fertilização dos óvulos das plantas, garantindo uma maior qualidade na reprodução (REIS, 2020), realizando então a manutenção da biodiversidade. Exercendo assim, funções ecológicas e econômicas fundamentais nos ecossistemas tropicais, destacando-se como polinizadoras naturais de diversas espécies vegetais nativas. Partindo dessa funcionalidade ecológica, o interesse científico por essas abelhas vem crescendo.

1.2 Propriedades dos produtos das abelhas

O homem sempre atribuiu os produtos das abelhas à várias aplicabilidades, usando a cera, a própolis, o pólen e o mel. (CRANE,1997). Até cerca de 200 anos atrás, acreditava-se que o mel tinha sua origem nos céus, e essa ideia contribuiu para seu status como substância sagrada nas crenças pré-religiosas e nas religiões. Entretanto, hoje sabemos que o mel é produzido a partir do néctar das flores pelas abelhas e alguns outros insetos, que através de enzimas como a invertase e a glicose oxidase, produzem uma solução altamente supersaturada de açúcares, que em sua maioria possuem propriedades antimicrobianas (CRANE,1997).

A própolis possui uma composição muito complexa, podendo conter 100 diferentes substâncias em uma única amostra. Dentre esses compostos existem cerca de 40 flavonoides, sendo eles os responsáveis pela principal fonte da ação antimicrobiana desse composto (CRANE,1997).

O pólen em si é a fonte de proteínas das abelhas, sendo rico em diversos compostos bioativos. Os primeiros registros do seu uso na medicina estão nos livros médicos dos povos árabes e judeus, usando-o como um tônico adstringente e sedativo. No início do século XIII, el-Beithar descreveu o pólen como “um afrodisíaco, também benéfico para o estômago, intestinos e coração; reduzia o "fervor" do sangue e curava inchaços produzidos pela ingestão de certos alimentos” (CRANE,1997).

A geleia real também é alvo de muitos estudos atualmente, ela é uma substância produzida pelas abelhas operárias jovens, que serve de alimento para a abelha rainha e sua ninhada nos primeiros dias. A primeira pessoa a realizar uma análise química da geleia real foi Langstroth, nos EUA, em 1852, mas uma análise eficaz não foi possível até a década de 1940 (CRANE,1997). Foi demonstrado durante vários estudos que a geleia real possui diversas atividades farmacológicas, como vasodilatadoras e hipotensivas, aumento da taxa de crescimento, ação desinfetante, atividade antitumoral e anti-inflamatória (RAMADAN, 2012).

A partir de estudos ascendentes foi possível descobrir que o mel produzido por meliponíneos, por exemplo, apresenta atividade antimicrobiana significativa contra bactérias como *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus*, além da levedura *Candida albicans* (BORSATO, 2013). Já com o própolis,

estudos conduzidos por Siqueira et al. (2014), demonstraram que extratos de própolis vermelha apresentam atividade antibacteriana contra microrganismos como *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* e *Enterococcus faecalis*. Em testes in vitro, o própolis vermelho mostrou halos de inibição comparáveis aos de soluções de hipoclorito de sódio, indicando seu potencial como agente antimicrobiano.

1.3 Biomoléculas

Biomoléculas são materiais biológicos de natureza complexa, com funções específicas. As principais biomoléculas incluem carboidratos, proteínas, lipídios e ácidos nucleicos (VOET, 2022). Por isso são responsáveis pela manutenção do metabolismo das células, sendo a unidade básica da vida. Nesse sentido, mostram-se ideais para que sejam buscadas como uma fonte antimicrobiana natural e não prejudicial ao homem.

Atualmente, muitos estudos buscam a bioprospecção de recursos naturais, para a utilização na biotecnologia, pesquisando microrganismos, plantas, animais e até ambientes extremos. Segundo Quinn e Dyson (2024), a bioprospecção em ambientes extremos tem se mostrado uma estratégia promissora para a descoberta de novos antibióticos, uma vez que os microrganismos que habitam condições de temperatura, salinidade ou pressão extremas frequentemente produzem repertórios distintos de metabólitos bioativos, capazes de gerar compostos ativos contra patógenos resistentes.

A espécie *Pouteria venosa*, por exemplo, é usada como planta medicinal e apresentou atividade antimicrobiana quando suas biomoléculas foram investigadas mais a fundo. Ao ser estudada 4 frações e um extrato etanólico da espécie, foi possível obter resultados principais contra *Staphylococcus aureus* para a fração AcOEt das cascas do caule; *Streptococcus pneumoniae* e *Proteus mirabilis* para a fração AcOEt das cascas do caule; *Staphylococcus epidermidis* e *Pseudomonas aeruginosa* para a fração AcOEt das folhas e cascas do caule (R.F.E.P SANTOS 2015).

Nos animais, classes como a dos anfíbios e insetos, vem sendo fonte de descobertas de novas biomoléculas. A pele dos anfíbios, é um tecido com várias funções biológicas, como defesa, respiração e excreção, que ao ser estudada foi descoberto um grande número de peptídeos nas

secreções. Envolvendo peptídeos antimicrobianos, antioxidantes, bradicininas e peptídeos liberadores de insulina (CHEN 2022). Os insetos, são reservatórios significativos de peptídeos antimicrobianos, servindo como alvo de investigação de diversos estudos. Segundo Zhou, Wang e Li (2024), esses peptídeos possuem um vasto potencial para o desenvolvimento de novas terapias antimicrobianas e imunomoduladoras, uma vez que eles possuem uma grande diversidade e eficácia contra diversos patógenos.

A descoberta de novos compostos com potencial antimicrobiano é fundamental não apenas para o tratamento de infecções resistentes, mas também para o desenvolvimento de alternativas terapêuticas mais seguras, com menor toxicidade e menos impacto ambiental. Produtos apícolas como o mel, o própolis e o alimento larval das abelhas sem ferrão, têm demonstrado possuir compostos bioativos com propriedades antimicrobianas promissoras. (SLAA et al., 2006).

Esses compostos não apenas atuam inibindo o crescimento de bactérias e fungos, mas também podem interferir na formação de biofilmes, na adesão bacteriana e na modulação da resposta inflamatória do hospedeiro. Assim, a bioprospecção de biomoléculas antimicrobianas naturais não apenas contribui para a inovação farmacêutica, mas também promove a valorização da biodiversidade e o uso sustentável dos recursos naturais, como os oferecidos pelas abelhas sem ferrão nativas do Brasil.

1.4 Potencial antimicrobiano

Os microrganismos constituem elementos essenciais para a manutenção da vida na Terra, uma vez que ocupam todos os nichos conhecidos e exercem funções críticas em processos biológicos fundamentais. Eles impulsionam os ciclos biogeoquímicos em diferentes compartimentos ambientais, participam como componentes-chave das teias tróficas e moldam interações ecológicas que influenciam a saúde, a evolução dos organismos e o equilíbrio dos ecossistemas (SZABÓ, 2025).

O potencial antimicrobiano diz respeito à capacidade de substâncias ou extratos naturais e sintéticos de inibir ou eliminar o crescimento de microrganismos patogênicos, como bactérias, fungos e vírus (WISDOMLIB, 2025). Esse potencial é amplamente estudado na microbiologia, farmacologia

e áreas afins, principalmente devido ao aumento da resistência microbiana aos antibióticos convencionais.

O funcionamento do potencial antimicrobiano se baseia em diversos mecanismos bioquímicos, dependendo da substância ativa envolvida. Os principais modos de ação incluem: destruição da parede ou membrana celular do microrganismo, inibição da síntese de proteínas ou de ácidos nucleicos, e interrupção de vias metabólicas essenciais. Por exemplo, compostos fenólicos presentes em extratos vegetais podem alterar a permeabilidade da membrana celular bacteriana, causando lise e morte celular (COWAN, 1999).

1.5 Bactérias resistentes

A crescente resistência antimicrobiana é uma grande ameaça à população em geral. Em ambientes hospitalares o aumento na prevalência de alguns patógenos estão relacionados à alta pressão seletiva de antimicrobianos comumente usados em pacientes (HSUEH, 2005), deixando assim eles ineficazes e portanto sendo um risco. Segundo estudos de Hsueh et al., entre as bactérias resistentes, destacam-se as *Pseudomonas aeruginosa* e a *Acinetobacter baumannii*, resistentes aos carbapenêmicos, ambas testadas neste estudo.

Essa resistência pode ser desenvolvida através de diversos mecanismos. O trabalho de Munita et al., (2016), afirma que em alguns casos o desenvolvimento de resistência adquirida pode ser o resultado de mutações em genes cromossômicos ou ser devido à aquisição de determinantes genéticos externos de resistência, provavelmente obtidos de organismos intrinsecamente resistentes presentes no ambiente. Entretanto, o conceito de resistência é um fenômeno relativo e com muitas camadas de complexidade.

É importante ressaltar que essa resistência não é um processo natural e sim uma situação criada pelo homem sobreposta a natureza. O desenvolvimento desse fator acaba sendo resultado de muitos anos de pressão seletiva incessante por parte da aplicação humana de antibióticos (DAVIES, 2010), principalmente devido ao uso indevido e excessivo da população.

Em vista disso, nasce a necessidade de estudar os microrganismos presentes no alimento larval dessas abelhas, uma vez que os produtos provenientes possuem grandes aplicabilidades biotecnológicas. Portanto, surge assim, bancos de microrganismos, como a Coleção de Microrganismos Isolados de Abelhas Sem Ferrão do Laboratório de Genética da Universidade Federal de Uberlândia, o CoMISBee (SANTOS, 2022). A partir dele, o presente estudo buscou investigar o potencial antimicrobiano do sobrenadante produzido por 9 das bactérias isoladas, a fim de buscar novas biomoléculas eficientes contra a problemática atual da resistência antimicrobiana.

1. OBJETIVOS

O objetivo principal deste projeto foi avaliar o potencial antimicrobiano do sobrenadante das bactérias Ta-BHI-19, Ta-OAT-35, Mq-MCK-2, Ms-MYP-47, Ta-BHI-30, Ta-TSA-28, Mq-NUT-16, Ta-TSA-24 e Ms-MCK-29, isoladas do alimento larval de abelhas sem ferrão nativas do Brasil. Buscando novas biomoléculas para a área da saúde, representando uma alternativa para novos fármacos que, apresentando um baixo risco para a saúde humana, ajudará no combate aos patógenos que não possuem tratamento.

2. METODOLOGIA

Foram selecionadas 9 bactérias pertencentes à Coleção de Micro-organismos Isolados de Abelha sem Ferrão do Laboratório de Genética da UFU (CoMisBee), sendo elas: Ta-BHI-19, Ta-OAT-35, Mq-MCK-2, Ms-MYP-47, Ta-BHI-30, Ta-TSA-28, Mq-NUT-16, Ta-TSA-24 e Ms-MCK-29. Essas bactérias foram utilizadas para produção de sobrenadante, que terá sua ação avaliada contra 8 bactérias multirresistentes (*Escherichia coli* MCR, *Staphylococcus aureus* MRSA, *Acinetobacter baumannii*, *Pseudomonas aeruginosa* 01, *Pseudomonas aeruginosa* VIM, *Pseudomonas aeruginosa* SPM, *Pseudomonas aeruginosa* IMP e *Klebsiella pneumoniae* carbapenemase (KPC), cedidas pelo laboratório de Microbiologia Molecular da Universidade Federal de Uberlândia (MICROMOL).

3.1 Produção do sobrenadante

As bactérias foram reativas em placas de ágar Luria Berthani (LB) e incubadas a 37°C por 24 horas. Uma alça de cada bactéria foi inoculada em 200 ml de caldo LB e incubada a 32°C por 48 horas. Posteriormente, o caldo bacteriano foi centrifugado a 10.000 g/15 minutos e o sobrenadante recuperado (SANTOS, A. C. C. 2022). O sobrenadante foi filtrado em filtro de seringa 0,22 micras, para garantir que estava livre de células bacterianas.

3.2 Teste de difusão em disco

Os micro-organismos resistentes foram retirados do estoque, plaqueados em placas de LB ágar e incubados a 37°C por 24 horas. Para o teste antimicrobiano, foi feito primeiramente o teste de difusão em disco (A. L. BARRY, 1970). As bactérias resistentes cultivadas foram diluídas em solução salina a 0,5 na escala de McFarland, passadas uniformemente em placas de meio Ágar Mueller-Hinton e distribuídos discos estéreis em forma de triplicata. Nesses discos, foi pipetado 15 ul de sobrenadante e as placas incubadas a 37° por 24 horas. As bactérias que apresentaram um resultado positivo foram fracionadas e cada fração foi submetida a um novo teste de difusão em disco.

3.3 Fracionamento do sobrenadante

Após o teste inicial, os sobrenadantes que apresentaram efeito inibitório foram liofilizados e ressuspensos em metanol, na proporção de 50% do volume inicial, homogeneizado e seguido de centrifugado a 9500 rpm por 15 minutos, separando assim a fração proteica e metabólica (JUNIOR, 2017). O precipitado proteico foi separado do metabólico e o solvente (metanol) evaporado em speed vacuum. As frações proteicas e metabólicas seguiram para os testes antimicrobianos.

3.4 Fracionamento da porção metabólica

A porção metabólica seguiu para o fracionamento líquido-líquido utilizando os reagentes na seguinte ordem: Hexano, Diclorometano (DCM), Acetato de Etila e N-Butanol (BATISTA et al., 2021). O metabólico seco, evaporado em speed vacuum, foi ressuspensão em 1 mL de água e vortexado por 30 segundos ou até sua homogeneização completa. Após este processo, 500 µL de Hexano foram adicionados a cada tubo e vortexado novamente por 30 segundos, formando duas fases (fase hexânica e fase metabólica restante). A fase hexânica foi retirada com auxílio de uma pipeta e o processo repetido. Todos os eppendorfs foram ser lavados 2x com cada um dos reagentes seguindo a ordem e no final do processo, a fase restante que não reagiu com nenhum dos reagentes químicos é chamada de fase aquosa.

3. RESULTADOS

4.1 Identificação das bactérias

Segundo a lista de bactérias que foram identificadas no banco COMISBEE, as 9 bactérias selecionadas para a produção do sobrenadante, correspondem às classificações indicadas pela tabela 1.

Nome	Identificação
Ta-BHI-19	<i>Bacillus velezensis</i>
Ta-OAT-35	<i>Bacillus subtilis</i>
Mq-MCK-02	not reliable identification
Ms-MYP-47	<i>Ralstonia spp.</i>

Ta-BHI-30	not reliable identification
Ta-TSA-28	not reliable identification
Mq-NUT-16	<i>Pseudomonas monteilii</i>
Ta-TSA-24	not reliable identification
Ms-MCK-29	not reliable identification

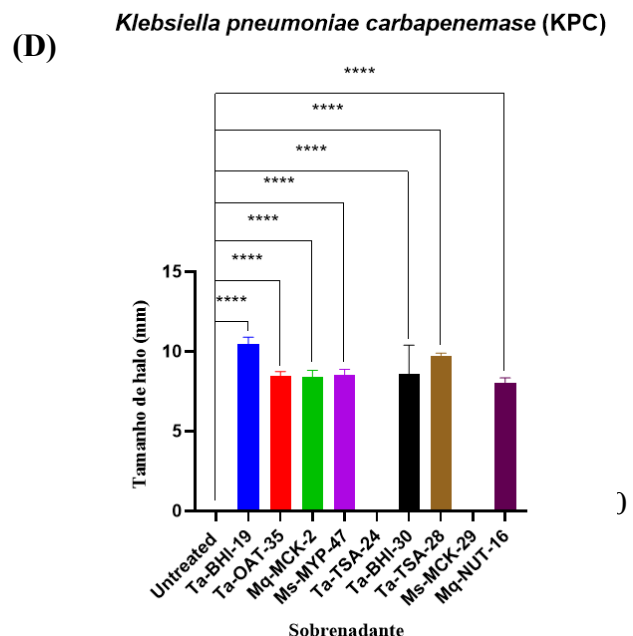
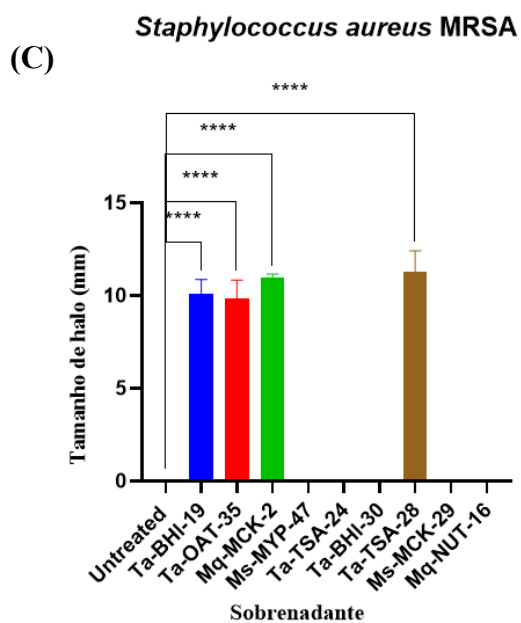
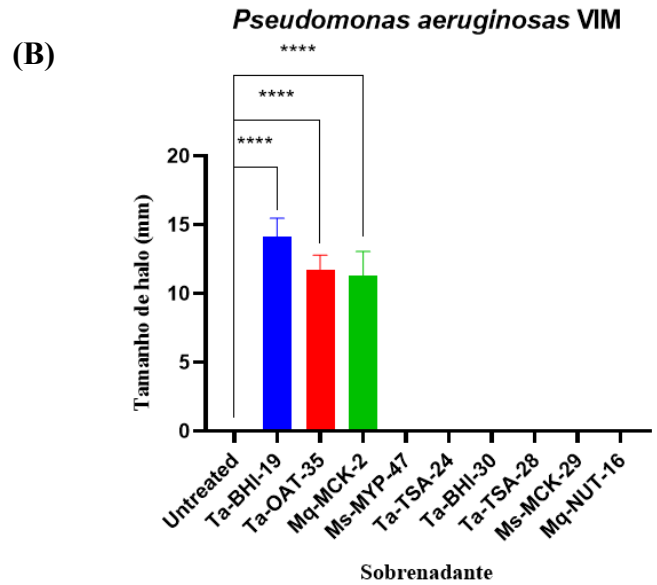
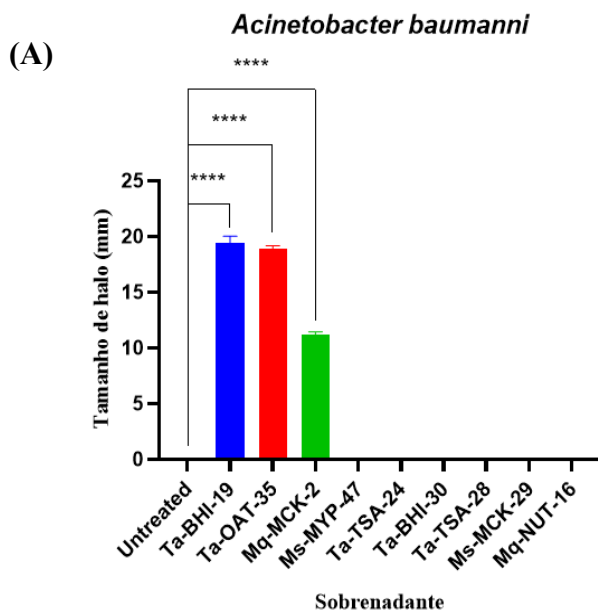
Tabela 1: Identificação das bactérias segundo o Banco COMISBEE.

4.2. Sobrenadante total

Dentre os 9 sobrenadantes testados, 7 obtiveram resultados e foram eficientes contra 5 das 8 bactérias resistentes, sendo elas: *Acinetobacter baumannii*, *Pseudomonas aeruginosa* VIM, *Pseudomonas aeruginosa* IMP, *Staphylococcus aureus* MRSA e *Klebsiella pneumoniae* carbapenemase (KPC).

Nas bactérias *Acinetobacter baumannii* e *Pseudomonas aeruginosa* VIM os sobrenadantes que apresentaram resultado foram Ta-BHI-19, Ta-OAT-35 e Mq-MCK-2 (Figura 1 A e B, respectivamente). Para a *Staphylococcus aureus* o sobrenadante Ta-TSA-28 também obteve resultado, além dos três já citados (Figura 1 C). Na KPC 7 dos 9 sobrenadantes formaram halos de inibição: Ta-BHI-19, Ta-OAT-35, Mq-MCK-2, Ms-MYP-47, Ta-BHI-30, Ta-TSA-28 e Mq-NUT-16 (Figura 1 D). Já a *Pseudomonas aeruginosa* IMP, apresentou resultado apenas para Ta-BHI-19 e Mq-MCK-2 (1 E).

Os sobrenadantes com resultado positivo, foram selecionados para o fracionamento e posteriormente tiveram suas frações (metabólica e proteica) testadas.



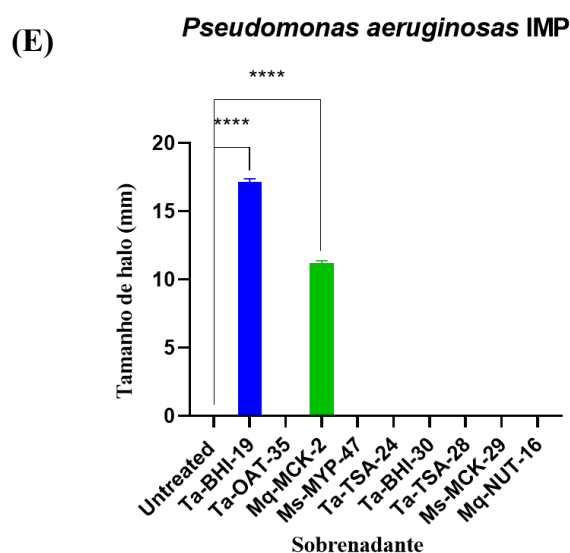


Figura 1: Gráfico dos halos formados pelos sobrenadantes totais produzidos pelos microrganismos isolados de alimentos de larvas de abelhas sem ferrão, testados contra bactérias resistentes, em relação ao microrganismo sem tratamento.

4.3 Frações proteicas

Os testes antimicrobianos com as frações proteicas apresentaram inibição de crescimento semelhante ao sobrenadante total, exceto para *Klebsiella pneumoniae carbapenemase* (KPC).

Dessa forma, para a bactéria *Staphylococcus aureus* MRSA, as frações que obtiveram resultado foram Ta-BHI-19, Ta-OAT-35, Mq-MCK-2 e Ta-TSA-28 (Figura 2 A), sendo essas bactérias as mesmas que obtiveram resultado anteriormente no sobrenadante total (Figura 1 C). Nas

bactérias *Pseudomonas aeruginosa* VIM e *Acinetobacter baumannii*, foram obtidos resultados para as frações proteicas de Ta-BHI-19 e Ta-OAT-35 (Figura 2 B e 2 C, respectivamente), apresentando diferença de resultado apenas na Mq-MCK-2 quando comparado ao sobrenadante total, que anteriormente apresentou resultado positivo em ambas as bactérias. Já a *Pseudomonas aeruginosa* IMP, apresentou resultado para a fração proteica de Ta-BHI-19, mas não para a de Mq-MCK-2 (Figura 2 D), as quais apresentaram resultado no sobrenadante total.

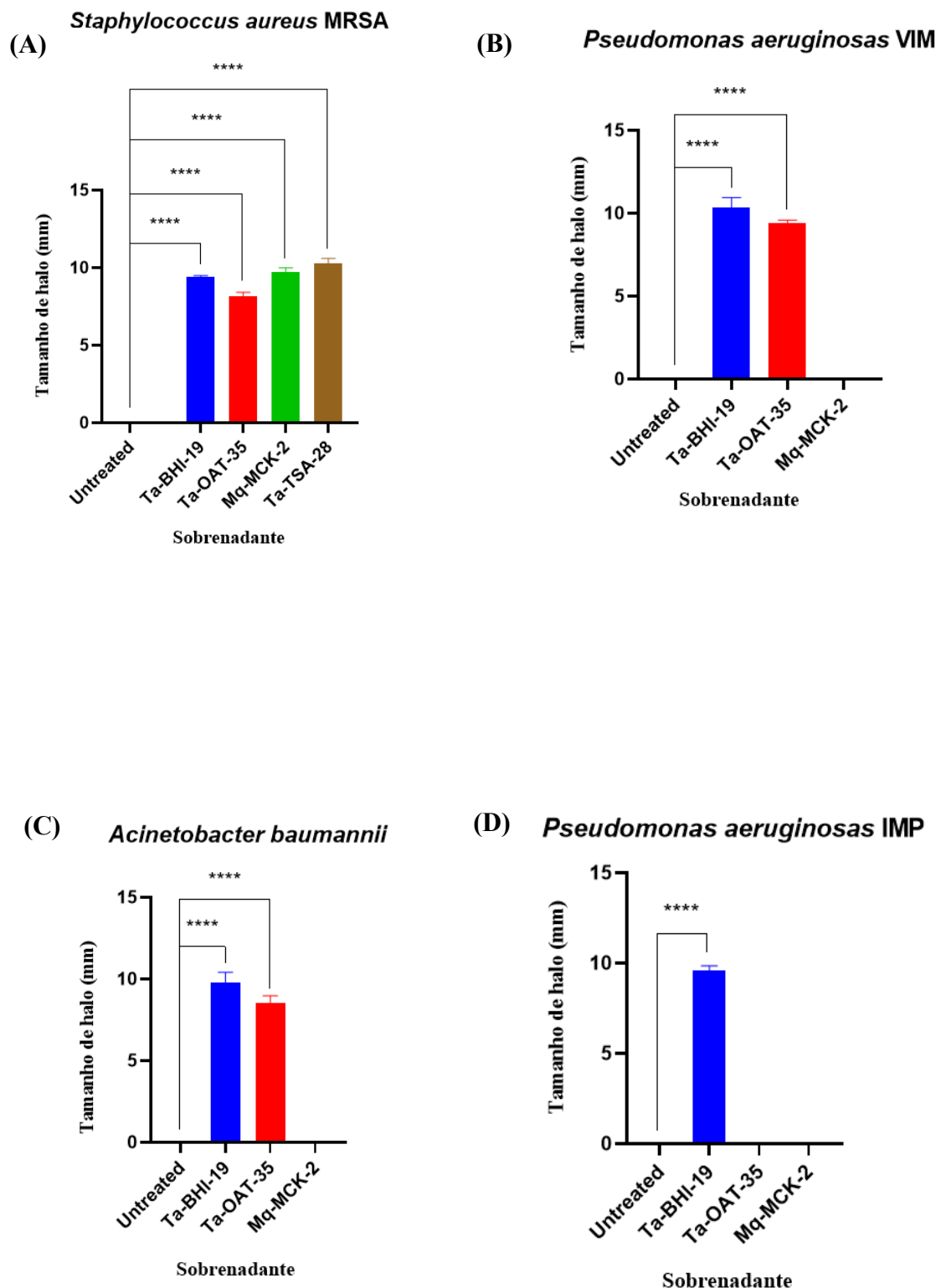
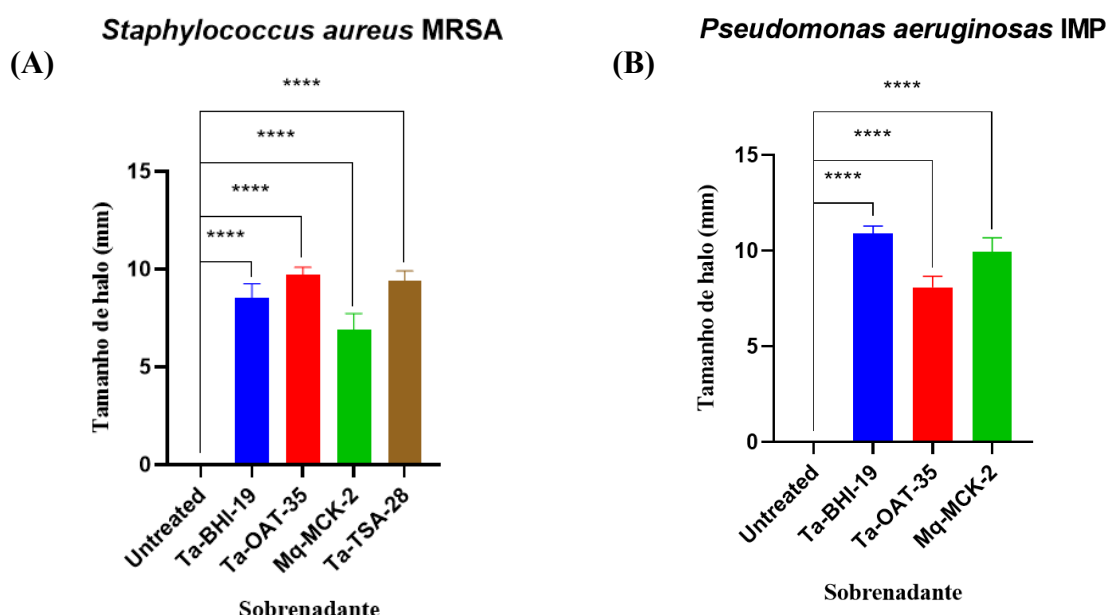


Figura 2: Gráfico dos halos formados pelas frações proteicas produzidas pelos microrganismos isolados de alimentos de larvas de abelhas sem ferrão, testados contra bactérias resistentes, em relação ao microrganismo sem tratamento.

4.4 Frações metabólicas

Os testes realizados com as frações metabólicas dos sobrenadantes, apresentaram resultado para as seguintes bactérias: *Acinetobacter baumannii*, *Pseudomonas aeruginosa* VIM, *Pseudomonas aeruginosa* IMP, *Staphylococcus aureus* MRSA, não sendo eficaz apenas na inibição da *Klebsiella pneumoniae* Carbapenemase (KPC). Esses resultados foram semelhantes às frações proteicas, seguindo o padrão dos dados apresentados anteriormente (4.3 Frações proteicas).

Na *Staphylococcus aureus* MRSA, as frações que obtiveram resultado foram Ta-BHI-19, Ta-OAT-35, Mq-MCK-2 e Ta-TSA-28 (Figura 3 A), partindo assim para o fracionamento líquido-líquido. Na *Pseudomonas aeruginosa* IMP, todas as bactérias que apresentaram resultado no sobrenadante total, apresentaram também na fração proteica, sendo elas Ta-BHI-19, TA34 e Mq-MCK-2 (Figura 3 B). Para a *Acinetobacter baumannii*, as frações metabólicas de Ta-BHI-19 e Ta-OAT-35 tiveram resultado (Figura 3 C) e para a *Pseudomonas aeruginosa* VIM, apenas a Ta-OAT-35 apresentou halos de inibição (Figura 4 D).



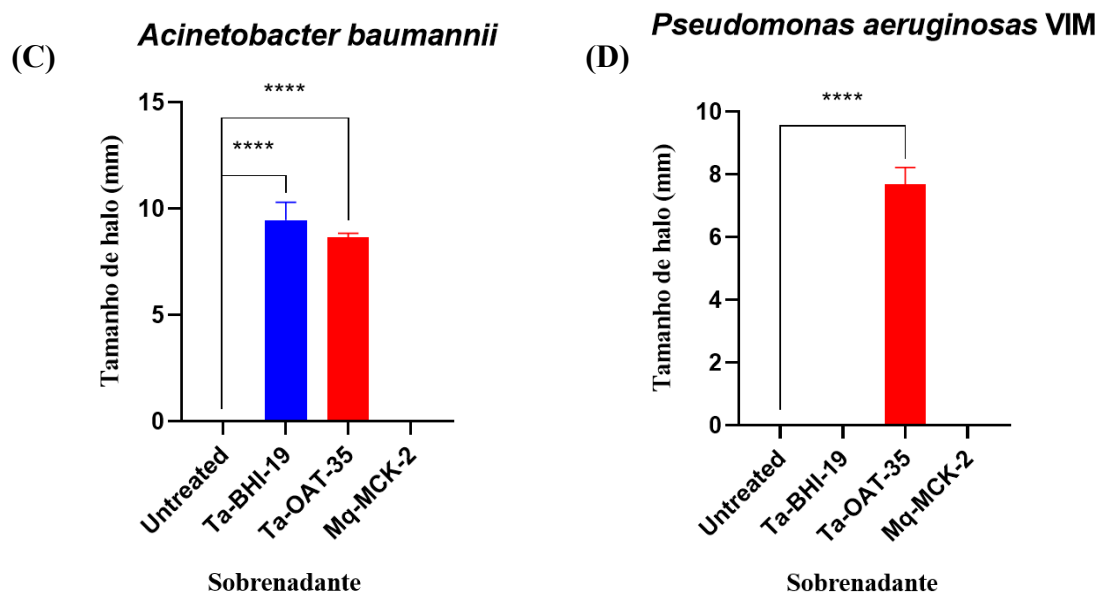


Figura 3: Gráfico dos halos formados pelas frações metabólicas produzidas pelos microrganismos isolados de alimentos de larvas de abelhas sem ferrão, testados contra bactérias resistentes, em relação ao microrganismo sem tratamento.

4.5 Frações da metabólica

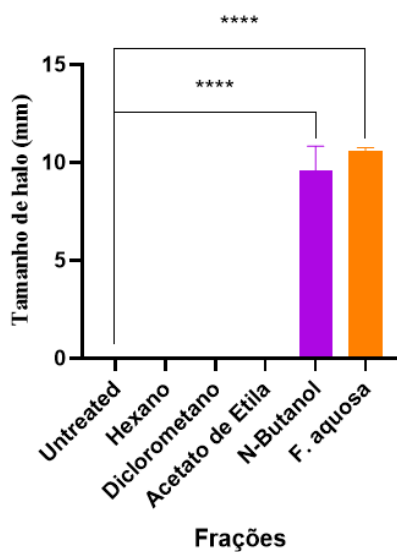
As frações metabólicas dos sobrenadantes Ta-BHI-19, Mq-MCK-2, Ta-TSA-28 e Ta-OAT-35 seguiram para o fracionamento líquido-líquido e após a realização dos testes de difusão em disco foi possível observar que todos obtiveram resultado em pelo menos uma fração.

Para *Staphylococcus aureus* MRSA, foram testados frações de Ta-BHI-19, Mq-MCK-2, Ta-TSA-28 e Ta-OAT-35, as quais todas apresentaram resultado na fração N-Butanol e Aquosa (Figura 4 A, Figura 4 C e Figura 4 D respectivamente), exceto Mq-MCK-2, que apresentou inibição para Acetato de Etila além das já citadas (Figura 4 B).

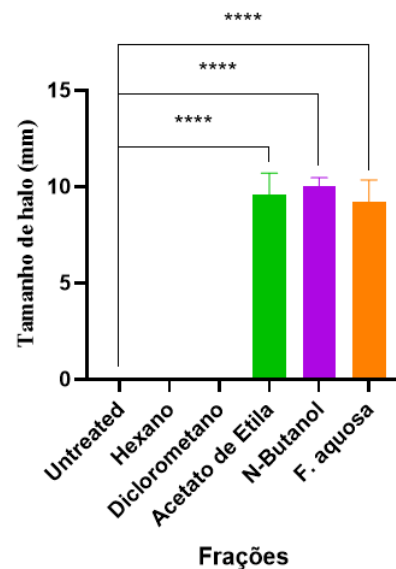
Na *Pseudomonas aeruginosa* IMP, foram testadas os sobrenadantes Ta-BHI-19, Ta-OAT-35 e Mq-MCK-2, todos apresentaram resultado para a fração N-Butanol (Figura 4 E). Além disso, Ta-BHI-19 também foi positiva na Fração aquosa (Figura 4 F) e a Mq-MCK-2 na Acetato de Etila (Figura 4 G). Para a bactéria *Acinetobacter baumannii*, foram testados as frações de Ta-BHI-19 e Ta-OAT-35, na primeira foi obtido resultado para N-Butanol e Aquosa (Figura 4 H) e na segunda apenas para N-Butanol (Figura 4 I).

Por fim, na bactéria *Pseudomonas aeruginosa* VIM, apenas as frações de Ta-OAT-35 foram testadas e apresentaram inibição apenas para N-Butanol (Figura 4 J).

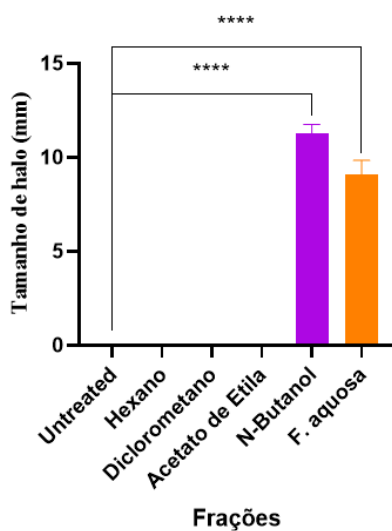
(A) *Staphylococcus aureus* MRSA TA19



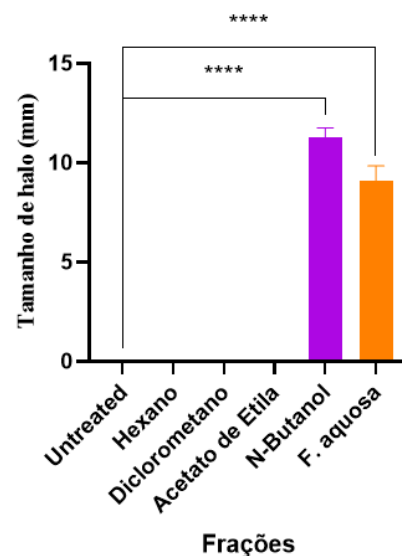
(B) *Staphylococcus aureus* MQ02



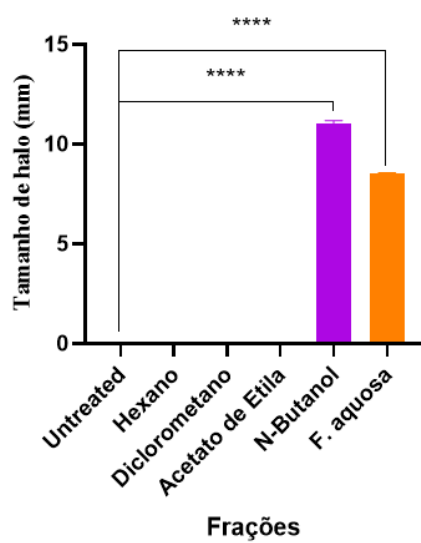
(C) *Staphylococcus aureus* TA28



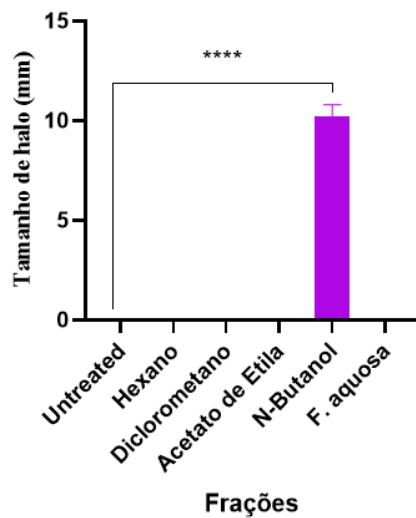
(D) *Staphylococcus aureus* TA35



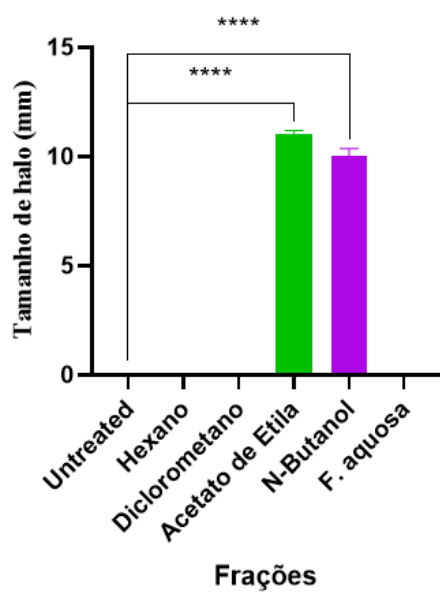
(E) *Pseudomonas aeruginosa* IMP TA19



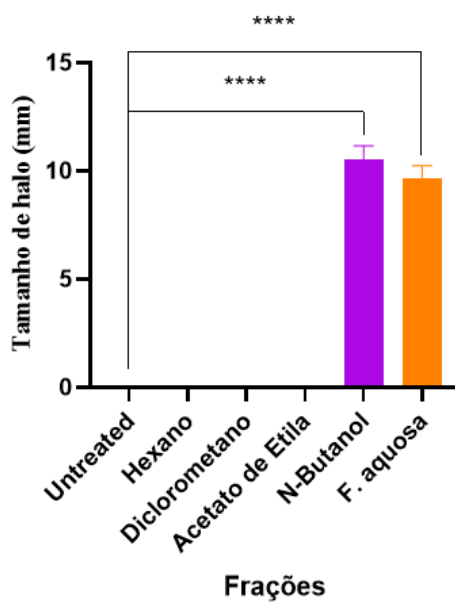
(F) *Pseudomonas aeruginosa* IMP TA35



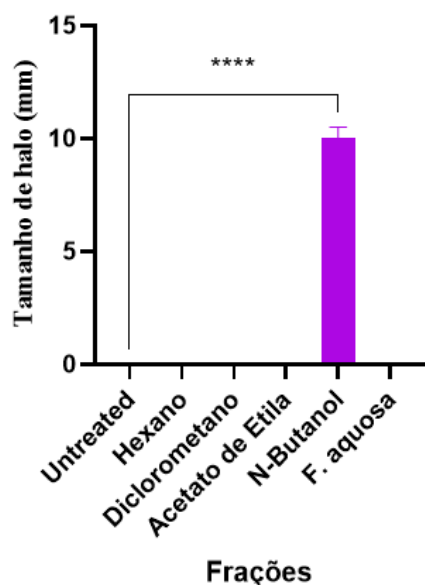
(G) *Pseudomonas aeruginosa* IMP MQ02



(H) *Acinetobacter baumannii* TA19



(I) *Acinetobacter baumannii* TA35



(J) *Pseudomonas aeruginosas* VIM TA35

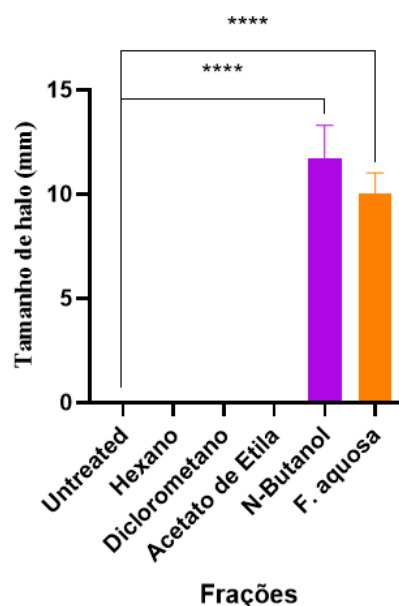


Figura 4: Gráfico dos halos formados pelas frações metabólicas Hexano, Diclorometano (DCM), Acetato de Etila, N-Butanol e Fração Aquosa, produzidas pelos microrganismos isolados de alimentos de larvas de abelhas sem ferrão, testados contra bactérias resistentes, em relação ao microrganismo sem tratamento.

4. DISCUSSÃO

O aumento das infecções causadas por bactérias multirresistentes, desperta a busca de novos antibióticos inovadores e de fontes naturais, sendo um grande desafio na medicina moderna (LAXMINARAYAN et al., 2013). Este desafio se intensifica ao considerar a baixa disponibilidade de recursos e investimento no desenvolvimento de fármacos inovadores para a indústria farmacêutica (ALANIS, 2005). Portanto, devido a crescente busca por biomoléculas com potencial biotecnológico, o objetivo deste trabalho foi analisar o potencial antimicrobiano de 9 bactérias isoladas do alimento

larval de abelhas sem ferrão nativas do Brasil, mostrando grande relevância nos sobrenadantes e frações produzidas pelas bactérias Ta-BHI-19, TA25, Mq-MCK-2 e Ta-TSA-28.

Ao analisar os resultados obtidos pelo sobrenadante total das bactérias selecionadas, é notório o potencial inibidor que eles possuem contra as bactérias resistentes, tanto para a gram-positiva como para as gram-negativas, principalmente aqueles que apresentaram resultado para mais de uma espécie, como o Ta-BHI-19, Ta-OAT-35, Mq-MCK-2 e Ta-TSA-28. Esses foram os principais sobrenadantes e que, conseqüentemente, seguiram para o fracionamento, a fim de afunilar cada vez mais a substância inibidora.

É importante destacar que a KPC foi a única que apresentou resultados apenas para o sobrenadante total, ou seja, suas frações metabólicas e proteicas testadas não apresentaram inibição do crescimento. Isso demonstra que apenas a interação de todos os metabólitos juntos produzidos pelas bactérias isoladas do alimento larval de abelhas sem ferrão, é eficaz no tratamento desse patógeno.

As frações proteicas e metabólicas apresentaram um comportamento parecido, isso pode ser decorrente do fracionamento que não é 100% eficaz. Apesar de a centrifugação do sobrenadante liofilizado e ressuspendido em metanol, possibilitar a separação em frações metabólicas e proteicas, deve-se considerar que o processo não é absolutamente específico, havendo a possibilidade de que pequenas quantidades de metabólitos permaneçam associadas à fração proteica e vice-versa.

No estudo de Gauthier et al. (2008), os autores discutem como nenhuma fração obtida por centrifugação é absolutamente pura, podendo ocorrer contaminação cruzada entre as frações e por isso é recomendado combinar esse método com outras técnicas, como imunofluorescência e proteômica, podendo assim confirmar a origem dos componentes e garantindo a especificação do agente.

Dentre as frações da metabólica testadas, a fração N-Butanol apresentou resultado para todas as bactérias resistentes anteriormente inibidas pela fração metabólica total. Essa fração também apresentou o melhor desempenho no trabalho de Batista et al., que utilizou o fracionamento líquido-

líquido para excluir os efeitos da interação do microbioma e analisar apenas os efeitos dos metabólitos do kefir. Nesse estudo, o metaboloma realizado com as frações apresentou 117 compostos compartilhados por todas as frações, entre eles compostos com atividade antioxidante e anti-inflamatória, podendo assim pensar se haveria também atividade antimicrobiana em suas frações, ou antioxidante e anti-inflamatória nas amostras utilizadas no presente trabalho.

Segundo Castilho (2023), em seu trabalho “Avaliação do potencial antioxidante de sobrenadantes produzidos por fungos filamentosos isolados do alimento de larvas de abelhas sem ferrão”, também realizado no Laboratório de Genética da UFU, foi observado que as frações N-Butanol e aquosa foram as que apresentaram as melhores capacidades antioxidantes. Frações essas que também se destacaram nos testes antimicrobianos aqui relatados (Figura 4).

As bactérias Ms-MYP-47 e Mq-NUT-16 foram identificadas como *Ralstonia sp* e *Pseudomonas monteilii*, respectivamente. Embora a *Ralstonia sp* tenha apresentado resultado apenas para o sobrenadante total, alguns estudos indicam que os metabólitos secundários derivados dela têm potencial para utilização no desenvolvimento de novos antibióticos e outros produtos farmacêuticos. Nos estudos de Fanoro et al. (2025), foram isoladas bactérias endofíticas a partir de tecidos de *Combretum erythrophyllum* e entre os microrganismos isolados foi identificada a cepa de *Ralstonia sp*. Os autores mostraram que o extrato metabólico dessa bactéria apresentou atividade antibacteriana significativa contra bactérias Gram-positivas e Gram-negativas sendo elas *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Bacillus cereus* e *Klebsiella pneumoniae*. Além disso, o perfil metabólico via GC-HTR revelou a presença de compostos bioativos, como fenóis, fitosteróis, terpenoides e derivados de ácidos graxos, que são classes conhecidas por atividades antimicrobianas.

Alguns estudos com a *Pseudomonas monteilii* (Mq-NUT-16), demonstram potencial para a biorremediação. Essa bactéria foi originalmente isolada como um microrganismo que degrada hidrocarbonetos aromáticos e derivados, mas com estudos detalhados de suas características fisiológicas, apresentou capacidade de utilização de alguns poluentes como antraceno, benzo[a]antraceno, benzo[b]fluoranteno, benzo[k]fluoranteno, benzo[a]pireno, fluoreno, naftaleno e

fenantreno. Sendo assim, promissora para aplicação biotecnológica adicional em um ambiente contaminado (VOJTKOVÁ, 2015).

Em relação às bactérias que tiveram maior potencial inibitório (Ta-BHI-19, Ta-OAT-35, Mq-MCK-2 e Ta-TSA-28), apenas duas já foram identificadas segundo o Banco COMISBEE, sendo a Ta-BHI-19 *Bacillus velezensis* e a Ta-OAT-35 *Bacillus subtilis*. Segundo estudos conduzidos com a *B. velezensis*, seu genoma conta com grupos de genes responsáveis pela produção de metabólitos secundários e genes associados ao aumento do crescimento das plantas, como aqueles envolvidos na quimiotaxia, motilidade, formação de biofilme, produção de fitohormônios, fixação de nitrogênio, solubilização de fosfato, biossíntese de glicina betaína e síntese de acetoína e 2,3-butanodiol (ZHAO, 2025). Em relação ao potencial antimicrobiano, segundo Y Liu et al. (2020), essa bactéria produz três tipos de lipopeptídeos que demonstraram atividade antimicrobiana contra diversos fungos e bactérias patogênicas comuns. A cepa de *Bacillus velezensis* utilizada no estudo, foi isolada do trato intestinal de um leitão saudável e os lipopeptídeos com potencial antimicrobiano foram identificados como iturina, fengicina e surfactina.

A *Bacillus subtilis* (Ta-OAT-35) é bem conhecida pela produção de lipopeptídeos cíclicos que exibem fortes atividades surfactantes e antimicrobianas, como surfactinas, iturinas e fengicinas. Essas funções estão associadas aos seus metabólitos secundários bioativos, apresentando potenciais aplicações como agentes de controle de patógenos de plantas, fármacos e biosurfactantes. Embora estudos promissores apresentem as aplicabilidades de cepas de *B. subtilis* e seus produtos naturais, a disponibilidade em escala industrial desses compostos ainda é limitada (KASPAR, 2019).

Embora existam pesquisas com as bactérias já identificadas, todas foram isoladas de lugares distintos, evidenciando que o alimento larval das abelhas é uma nova fonte de biomoléculas promissoras na biotecnologia, podendo possuir diversas aplicações.

5. CONCLUSÃO

O presente trabalho demonstrou que bactérias isoladas do alimento larval de abelhas sem ferrão nativas do Brasil apresentam relevante potencial antimicrobiano contra microrganismos multirresistentes. Entre os isolados testados, destacaram-se *Bacillus velezensis* (Ta-BHI-19), *Bacillus subtilis* (Ta-OAT-35), Mq-MCK-2 e Ta-TSA-28, cujos sobrenadantes e frações exibiram atividade inibitória contra *Staphylococcus aureus* MRSA, *Acinetobacter baumannii*, *Klebsiella pneumoniae* carbapenemase (KPC), *Pseudomonas aeruginosa* IMP e *Pseudomonas aeruginosa* VIM.

A análise das frações proteicas e metabólicas indicou que tanto proteínas quanto metabólitos secundários podem estar associados à atividade antimicrobiana observada, sendo a fração N-Butanol a que apresentou os melhores resultados. Esses achados reforçam a importância da bioprospecção de microrganismos associados a abelhas sem ferrão como fonte de novas biomoléculas bioativas.

Assim, os resultados obtidos neste estudo demonstram o potencial de microrganismos isolados do alimento larval de abelhas sem ferrão, com possíveis aplicabilidades nas áreas da saúde e biotecnologia, especialmente no enfrentamento à problemática atual da resistência antimicrobiana.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALANIS, A. J. Resistance to antibiotics: are we in the post-antibiotic era?. **Archives of Medical Research**, v. 36, n. 6, p. 697–705, 2005.
- BARRY, A. L.; GARCIA, F.; THRUPP, L. D. An improved single-disk method for testing the antibiotic susceptibility of rapidly-growing pathogens. **Journal of Clinical Pathology**, v. 18, n. 4, p. 409-415, 1965.
- BATISTA, L. L.; MALTA, S. M.; GUERRA SILVA, H. C. *et al.* Kefir metabolites in a fly model for Alzheimer's disease. **Scientific Reports**, v. 11, p. 11262, 2021.
- BERNARDES, Lucas Matos Martins. Green synthesis, characterization, and antimicrobial activity of silver nanoparticles from water-soluble fractions of Brazilian kefir. **Journal of Nanobiotechnology**, v. 18, p. 1-12, 2020.
- BORSATO, D. M.; ESMERINO, L. A.; FARAGO, P. V.; MIGUEL, M. D.; MIGUEL, O. G. Atividade antimicrobiana de méis produzidos por meliponíneos nativos do Paraná (Brasil). **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 31, n. 1, 2013. DOI: <https://doi.org/10.5380/cep.v31i1.32700>.
- CASTILHO, Luiz Fernando Covizzi. Avaliação do potencial antioxidante de sobrenadantes produzidos por fungos filamentosos isolados do alimento de larvas de abelhas sem ferrão. 2023. **Monografia (Bacharelado em Biotecnologia)** – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2023.
- CHEN, Xi et al. Peptides isolated from amphibian skin secretions with emphasis on antimicrobial peptides. **Frontiers in Microbiology**, v. 11, 2020.
- COWAN, M. M. Plant products as antimicrobial agents. **Clinical Microbiology Reviews**, Washington, v. 12, n. 4, p. 564–582, 1999. DOI: <https://doi.org/10.1128/CMR.12.4.564>.
- CRANE, Eva. The past and present importance of bee products to man. In: MIZRAHI, Avshalom; LENSKEY, Yaacov (ed.). *Bee Products: Properties, Applications, and Apitherapy*. New York: Springer, 1997. p. 1-13.
- DAVIES, J.; DAVIES, D. Origins and evolution of antibiotic resistance. **Microbiology and Molecular Biology Reviews**, v. 74, n. 3, p. 417–433, 2010.
- FANORO, Olufunto T.; OLUWAFEMI, Oluwatobi S. Metabolic profiling and antibacterial activity of secondary metabolites extracted from the endophytic bacteria of *Combretum erythrophyllum*. **Scientific Reports**, v. 10, p. 1-12, 2020.
- FELIPE NETO, C. A. L. Influência da estrutura da paisagem sobre a produção e qualidade de mel da abelha jandaíra (*Melipona subnitida*, Apidae: Meliponini) na Caatinga. 2015. 108 f. **Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais)** – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2015.

GAUTHIER, D. J.; LAZURE, C. Complementary methods to study protein sorting to secretory granules: immunofluorescence microscopy, immunoelectron microscopy, subcellular fractionation, and proteomics. **Journal of Histochemistry & Cytochemistry**, v. 56, n. 3, p. 219–231, 2008.

GAUTHIER, Daniel J.; LAZURE, Claude. Complementary methods to assist subcellular fractionation in organellar proteomics. *Expert Review of Proteomics*, v. 5, n. 4, p. 603-617, 2008.

GONÇALVES, Paulo Henrique Pereira. Evolução da diferenciação morfológica entre castas em abelhas sem ferrão (Apidae: Meliponini). 2010. 170 f. **Tese (Doutorado em Ciências – Biologia Comparada)** – Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2010.

HSUEH, Po-Ren; CHEN, Wen-Hwei; LUH, Kwen-Tay. Relationships between antimicrobial use and antimicrobial resistance in Gram-negative bacteria causing nosocomial infections from 1991-2003 at a university hospital in Taiwan. **International Journal of Antimicrobial Agents**, v. 26, n. 6, p. 463–472, 2005.

IMPERATRIZ-FONSECA, Vera Lucia. As abelhas, os serviços ecossistêmicos e o Código Florestal Brasileiro. **Biota Neotropica**, 2010.

JUNIOR, A. G. S. et al. Avaliação de métodos para obtenção de proteínas recombinantes. **Science and Animal Health**, v. 5, n. 2, p. 166–177, 2017.

KASPAR, Felix. Bioactive secondary metabolites from *Bacillus subtilis*: a comprehensive review. **Microorganisms**, v. 9, n. 3, p. 1-35, 2021.

KERR, W. E.; CARVALHO, G. A.; NASCIMENTO, V. A. *Abelha urucu: biologia, manejo e conservação*. Belo Horizonte: **Fundação Acangaú**, 1996.

LAXMINARAYAN, R. et al. Antibiotic resistance: the need for global solutions. **The Lancet Infectious Diseases**, v. 13, n. 12, p. 1057–1098, 2013.

LIU, Y. et al. Antimicrobial *Bacillus velezensis* HC6: production of three kinds of lipopeptides and biocontrol potential in maize. **Frontiers in Microbiology**, v. 12, p. 1-12, 2021.

MUNITA, J. M.; ARIAS, C. A. Mechanisms of antibiotic resistance. **Microbiology Spectrum**, v. 4, n. 2, 2016. DOI: 10.1128/microbiolspec.VMBF-0016-2015.

QUINN, Gerry A.; DYSON, Paul J. Going to extremes: progress in exploring new environments for novel antibiotics. *npj Antimicrobials and Resistance*, v. 2, art. 8, 2024. DOI: 10.1038/s44259-024-00025-8. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s44259-024-00025-8>.

RAMADAN, M. F.; AL-GHAMDI, A. Bioactive compounds and health-promoting properties of royal jelly: a review. **Journal of Functional Foods**, v. 4, n. 1, p. 39–52, 2012.

REIS, Rafael Peres do; KIRSCH, Gustavo Hanich. A importância da polinização. *Caderno Meio Ambiente e Sustentabilidade*, v. 9, n. 16, p. 4-17, 2020.

REIS, Rafael Peres do; KIRSCH, Gustavo Hanich. A importância da polinização. *Caderno Meio Ambiente e Sustentabilidade*, Curitiba, v. 9, n. 16, p. 4-17, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbpm/a/CRxjwwTpWNtQ8ghM8FWmzCk/?lang=pt>.

SANTOS, A. C. C.; MALTA, S. M.; DANTAS, R. C. C.; ROCHA, N. D. C.; AZEVEDO, V. A. C.; UEIRA-VIEIRA, C. Antimicrobial activity of supernatants produced by bacteria isolated from Brazilian stingless bee's larval food. *BMC Microbiology*, [S.l.], v. 22, p. 127, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12866-022-02548-4>.

SILVEIRA, F. A.; MELO, G. A. R.; ALMEIDA, E. A. B. Abelhas brasileiras: sistemática e identificação. Belo Horizonte: **Fundação Araucária**, 2002.

SIQUEIRA, A. L.; DANTAS, C. G.; GOMES, M. Z.; PADILHA, F. F.; ALBUQUERQUE JUNIOR, R. L. C.; CARDOSO, J. C. Estudo da ação antibacteriana do extrato hidroalcoólico de própolis vermelha sobre *Enterococcus faecalis*. *Revista de Odontologia da UNESP*, v. 43, n. 6, p. 359–366, 2014

SLAA, E. J.; SÁNCHEZ CHAVES, L. A.; MALAGODI-BRAGA, K. S.; HOFSTEDE, F. E. Stingless bees in applied pollination: practice and perspectives. *Apidologie*, v. 37, n. 2, p. 293–315, 2006.

SZABÓ, Gitta; ELOE-FADROSH, Emiley A.; PETT-RIDGE, Jennifer; WOYKE, Tanja. A genomic view of Earth's biomes. *Nature Reviews Genetics*, 2025. DOI: 10.1038/s41576-025-00709-9.

VOET, Donald; VOET, Judith G. Biomolecules: an introduction. In: VOET, Donald; VOET, Judith G. **Fundamentals of Biochemistry**. 6. ed. [S. l.]: Elsevier, 2022. p. 1-20. DOI: 10.1016/B978-0-443-16013-4.00001-4

VOJTKOVÁ, Hana. Characterization of *Pseudomonas monteilii* CCM 3423 and its physiological potential for biodegradation of selected organic pollutants. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 104, p. 180–188, 2015.

WISDOMLIB. Antimicrobial activity: significance and symbolism. Disponível em: <https://www.wisdomlib.org/concept/antimicrobial-activity>

ZHAO, Dongying et al. Complete genome sequence and comparative analysis of *Bacillus velezensis* Lzh-5, a fungal antagonistic and plant growth-promoting strain. **BMC Genomics**, v. 20, n. 1, p. 1-10, 2019.

ZHOU, Lizhen et al. Insect antimicrobial peptides as guardians of immunity and beyond: a review. *International Journal of Molecular Sciences*, Basel, v. 25, n. 7, p. 3835, 2024. DOI: 10.3390/ijms25073835. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1422-0067/25/7/3835>.