



AÇÃO ANTIBACTERIANA DO ÓLEO ESSENCIAL DA COPAÍBA EM CEPAS DE STAPHYLOCOCCUS AUREUS E ESCHERICHIA COLI

ANTIBACTERIAL ACTION OF COPAIBA ESSENTIAL OIL ON STRAINS OF STAPHYLOCOCCUS AUREUS AND ESCHERICHIA COLI

Francisca Nadine Lima de MOURA
Universidade Federal do Pará (UFPA)
E-mail: nadinelimour@gmail.com
ORCID: <http://orcid.org/0009-0005-6845-883X>

Talita Bandeira ROOS
Universidade Federal do Pará (UFPA)
E-mail: talitaroos@ufpa.br
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4630-1194>

Nayane da Silva SANTOS
Universidade Federal do Pará (UFPA)
E-mail: nayanesantos0399@gmail.com
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5330-7300>

Carina Martins de MORAES
Universidade Federal do Pará (UFPA)
E-mail: carinamoraes@ufpa.br
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7111-8159>

Matheus Martins RAMOS
Universidade Federal do Pará (UFPA)
E-mail: mvmatheusmr@gmail.com
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3259-4301>

Joelson Sousa LIMA
Universidade Federal do Pará (UFPA)
E-mail: joelsonbio@live.com
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0550-4318>

Monique Damasceno PINTO
Universidade Federal do Pará (UFPA)
E-mail: moniquedamasceno55@gmail.com
ORCID: <http://orcid.org/0009-0001-6601-6350>

RESUMO

Diante da problemática de micro-organismos multirresistentes, este estudo objetivou avaliar a atividade antibacteriana do óleo comercial da espécie *Copaífera officinalis*

AÇÃO ANTIBACTERIANA DO ÓLEO ESSENCIAL DA COPAÍBA EM CEPAS DE STAPHYLOCOCCUS AUREUS E ESCHERICHIA COLI. Francisca Nadine Lima de MOURA; Talita Bandeira ROOS; Nayane da Silva SANTOS; Carina Martins de MORAES; Matheus Martins RAMOS; Joelson Sousa LIMA; Monique Damasceno PINTO. JNT Facit Business and Technology Journal. QUALIS B1. ISSN: 2526-4281 - FLUXO CONTÍNUO. 2025 - MÊS DE SETEMBRO - Ed. 66. VOL. 01. Págs. 43-58. <http://revistas.faculdefacit.edu.br>. E-mail: jnt@faculdefacit.edu.br.

(copaíba), frente a duas cepas padrão, *Staphylococcus aureus* (25923) e *Escherichia coli* (25922) por meio da determinação da concentração inibitória mínima (CIM) e da Concentração bactericida mínima (CBM) pelo método de microdiluição e semeio em ágar Mueller-Hinton, respectivamente. As concentrações avaliadas foram de 30 mg.mL⁻¹ a 10 mg.mL⁻¹ para *S.aureus* e de 20 mg.mL⁻¹ a 5 mg.mL⁻¹ para *E.coli*, além do controle negativo. Os dados obtidos apontaram variações de atividade e resposta em ambos os micro-organismos, onde para *S.aureus* a CIM foi definida na concentração de 10 mg.mL⁻¹ e a CBM foi observada nas concentrações de 25 mg.mL⁻¹ e 30 mg.mL⁻¹. Para *E.coli* a CIM foi definida na concentração de 5 mg.mL⁻¹ e a CBM observada nas concentrações de 10 mg.mL⁻¹ e 20 mg.mL⁻¹. Os resultados foram tratados por meio de estatística descritiva e teste de correlação de Pearson, e apontaram correlação negativa para *E.coli* ($r=0,73$) e para *S.aureus* ($r=0,85$), com significância estatística apenas para a bactéria gram positiva com valor de $p = 0,0295$, isto é, $p < 0,05$. Diante disso, notou-se indicativo de atividade antimicrobiana frente as cepas padrão, com efeito predominantemente bacteriostático.

Palavras-chave: Medicamento fitoterápico. Microdiluição. CIM. CBM.

ABSTRACT

Given the problem of multidrug-resistant microorganisms, this study aimed to evaluate the antibacterial activity of the commercial oil of the *Copaífera officinalis* (copaiba) species against two standard strains, *Staphylococcus aureus*(25923) and *Escherichia coli*(25922) by determining the minimum inhibitory concentration (MIC) and the minimum bactericidal concentration (MBC) using the microdilution method and sowing on Mueller-Hinton agar, respectively. The concentrations evaluated were 30 mg.mL⁻¹ to 10 mg.mL⁻¹ for *S.aureus* and 20 mg.mL⁻¹ to 5 mg.mL⁻¹ for *E.coli*, as well as the negative control. The data obtained showed variations in activity and response in both microorganisms, where for *S.aureus* the MIC was defined at a concentration of 10 mg.mL⁻¹ and the MBC was observed at concentrations of 25 mg.mL⁻¹ and 30 mg.mL⁻¹. For *E.coli*, the MIC was defined at a concentration of 5 mg.mL⁻¹ and the MBC was observed at concentrations of 10 mg.mL⁻¹ and 20 mg.mL⁻¹. The results were analyzed using descriptive statistics and Pearson's correlation

test, and showed a negative correlation for *E.coli* ($r=0.73$) and *S.aureus* ($r=0.85$), with statistical significance only for gram-positive bacteria with a value of $p = 0.0295$, i.e. $p < 0.05$. This indicated antimicrobial activity against the standard strains, with a predominantly bacteriostatic effect.

Keywords: Herbal medicine. Microdilution. CIM. CBM.

INTRODUÇÃO

A resistência bacteriana aos antimicrobianos constitui um importante problema de saúde pública, envolvendo fatores intrínsecos e extrínsecos às bactérias. Esses fatores podem ser adquiridos pela exposição excessiva a antibióticos ou ser características próprias da bactéria, a nível funcional e/ou estrutural, promovendo mutações gênicas que resultam no surgimento de micro-organismos multirresistentes (Baptista, 2013; Blair et al, 2015; Costa, 2016; Freires; Rodrigues, 2022)

Exemplos relevantes de micro-organismos com alta resistência incluem *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli*, frequentemente associadas a cepas multirresistentes que representam risco à saúde humana e animal (Ribeiro et al, 2018; Duse et al, 2015; Samoilova et al, 2014).

O gênero *Copaífera* spp. compreende espécies de plantas que atuam com reconhecida capacidade medicinal, e podem ser encontrados com predominância entre os biomas do Cerrado e da Amazônia (Arruda et al, 2019), além disso, o gênero se encontra na Lista Nacional de Plantas Medicinais de Interesse do Sistema Único de Saúde (Rénisus), devido ao poder terapêutico que as suas espécies dispõem. Historicamente, o uso medicinal dessas plantas foi introduzido por povos indígenas e posteriormente incorporado às práticas populares tradicionais, permanecendo até os dias atuais. O óleo de copaíba é o principal produto obtido dessas espécies, sendo amplamente comercializado em feiras e farmácias devido às suas propriedades anti-inflamatórias, analgésicas e cicatrizantes (Dini et al, 2019; Frazão et al, 2023; Santos et al, 2008a).

Na região Norte do Brasil, o óleo de copaíba ocupa papel relevante na medicina tradicional popular e na economia regional (Gonçalves et al, 2012). Entre as espécies

de destaque, *Copaífera officinalis* é considerada uma das principais fornecedoras de óleo-resina, sendo comercializada localmente e em outras regiões do país (Trindade et al, 2018).

Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo avaliar se o óleo essencial de *Copaífera officinalis*, apresenta efeito antibacteriano sobre as cepas padrão de *Staphylococcus aureus* subsp. *aureus* (ATCC 25923) e *Escherichia coli* (ATCC 25922).

MATERIAIS E MÉTODOS

Cepas Bacterianas

Para este estudo, foram utilizadas duas cepas bacterianas de referência fornecidas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), estado do Pará: *Staphylococcus aureus* subsp. *aureus* (ATCC 25923), Gram-positiva, e *Escherichia coli* (ATCC 25922), Gram-negativa. Ambas as cepas apresentam origem clínica e são amplamente empregadas como controles de qualidade em testes de suscetibilidade antimicrobiana e ensaios científicos.

A escolha dessas cepas justifica-se por sua importância tanto para a saúde humana quanto para a saúde animal, uma vez que são frequentemente associadas a quadros patológicos e apresentam capacidade de multirresistência a antibióticos, o que as torna relevantes para estudos de avaliação de novos agentes antimicrobianos. As cepas foram fornecidas em formato liofilizado e reativadas conforme descrito no item a seguir.

Reativação das Cepas Padrão

A reativação das cepas foi realizada com a inoculação em Caldo Brain Heart Infusion (BHI), seguido de incubação a 37 °C por 24 horas. Posteriormente, as cepas foram semeadas em meio Ágar Mueller-Hinton e incubadas novamente por 24 horas a 37 °C. A pureza das cepas foi confirmada por coloração de Gram, e o inóculo bacteriano foi padronizado para uma densidade correspondente à escala 0,5 de McFarland ($\approx 1,5 \times 10^8$ UFC·mL⁻¹), seguido de diluição em solução salina estéril a 0,85% para obtenção de $1,5 \times 10^7$ UFC·mL⁻¹.

Óleo Essencial

O óleo essencial de copaíba utilizado no presente estudo foi adquirido comercialmente da empresa Essência do Brasil, em frasco de vidro com volume de 10 mL. De acordo com o fabricante, o óleo é obtido a partir do destilado da resina da espécie *Copaífera officinalis*, por meio de destilação a vapor, processo que permite a separação da fração mais volátil da oleoresina, resultando no óleo essencial final. Para preparo das soluções teste, o óleo foi diluído em dimetilsulfóxido (DMSO) 99% puro (C_2H_6OS), adquirido comercialmente da empresa Quimisul SC Brasil Ltda., em frasco de vidro de 100 mL. O DMSO foi utilizado como solvente devido à sua capacidade de solubilizar compostos lipofílicos, garantindo a homogeneidade das soluções para os ensaios antimicrobianos.

Determinação da Concentração Inibitória Mínima (CIM) para Cepas Padrão *Escherichia Coli* (25922) e *Staphylococcus Aureus* subsp.aureus (25923)

O trabalho foi desenvolvido utilizando como base a metodologia adaptada de Santurio et al 2007, com substituições do metanol pelo DMSO, do caldo Muller-Hinton por solução salina estéril 0,85% e de placas de microtitulação por microtubos do tipo “eppendorfs”.

O ensaio de microdiluição foi realizado em microtubos estéreis de 1,5 mL. Para *E. coli*, as concentrações testadas foram $20\text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$, $15\text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$, $10\text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ e $5\text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$; para *S. aureus*, $30\text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$, $25\text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$, $20\text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$, $15\text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ e $10\text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$, incluindo controle negativo (sem óleo).

Cada microtubo recebeu 100 μL da concentração teste, 80 μL de caldo BHI e 20 μL da suspensão bacteriana ajustada na escala 0,5 de McFarland, totalizando 200 μL por tubo. O controle negativo manteve os volumes, substituindo o óleo por solução salina estéril. Os microtubos foram incubados a $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 22 horas. Todos os ensaios foram realizados em duplicata.

Leitura da CIM

A cim foi determinada por observação visual da turbidez nos tubos, de acordo com (Castro e Lima, 2010). A ausência de turbidez indicou inibição do crescimento

bacteriano, caracterizando a concentração mínima inibitória.

Determinação da Concentração Bactericida Mínima (CBM) para *E.coli* (25922) e *S. aureus* subsp.*aureus* (25923)

A CBM foi avaliada a partir das concentrações utilizadas na CIM. Alíquotas de 100 µL de cada concentração teste foram transferidas para 900 µL de solução salina estéril a 0,85%, iniciando-se diluições seriadas. Para *E. coli*, os fatores de diluição foram de 10^{-1} a 10^{-4} , e para *S. aureus*, de 10^{-1} a 10^{-6} , ajustados conforme a taxa de crescimento de cada micro-organismo.

Em seguida, 50 µL de cada diluição foram semeados em placas de ágar Mueller-Hinton e distribuídos uniformemente. As placas foram incubadas a 37 °C por 22 horas, após o que as colônias foram contadas e expressas em UFC·mL⁻¹. Todos os ensaios foram realizados em duplicata.

Análise Estatística

Os dados alcançados da CBM foram submetidos a análise estatística utilizando o programa Bioestat versão 5.0. Os resultados foram tratados por meio da estatística descritiva com os respectivos valores de média e desvio padrão, também foi aplicado a estatística inferencial por meio do teste de Correlação de Pearson para avaliar a ligação entre as variáveis concentração do óleo e crescimento bacteriano.

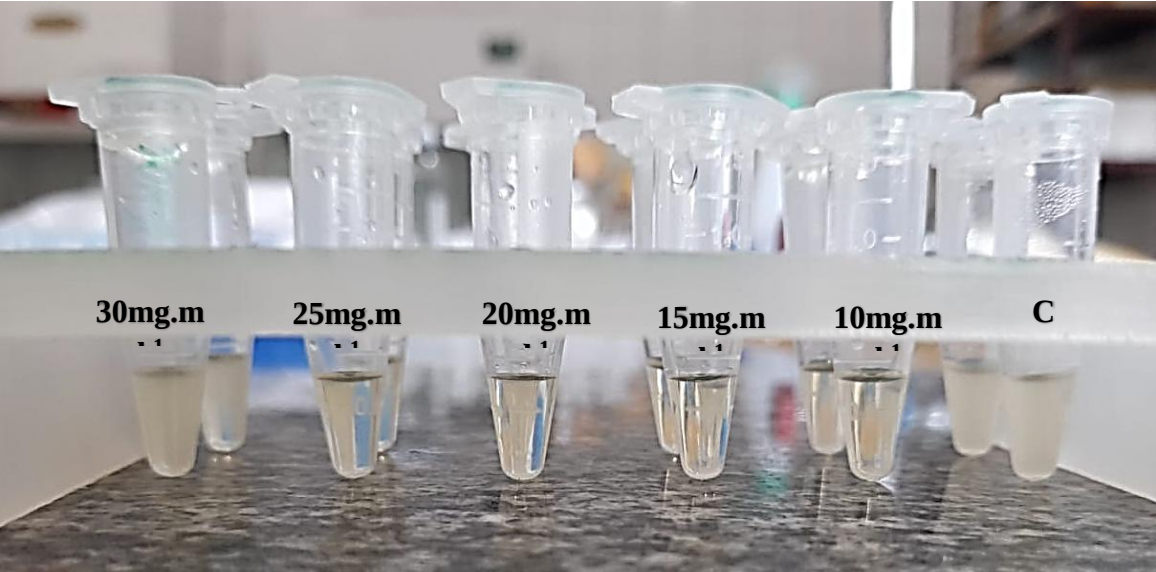
RESULTADOS

O efeito da atividade do óleo essencial de copaíba sobre as cepas padrão foi verificado por meio da CIM e CBM, demonstrados na forma de figuras, tabelas e gráficos.

Levando em consideração primeiramente as CIMs, a suscetibilidade das bactérias perante o óleo essencial apresentou variações em ambas as cepas, sendo que para *E.coli* a CIM foi visualmente definida na concentração de 5 mg.mL⁻¹ mantendo as mesmas características visuais até a concentração de 20 mg.mL⁻¹ (Figura 1), ao passo que para *S.aureus*, a CIM foi definida na concentração de 10 mg.mL⁻¹, e também foi perceptível que as concentrações de 15 mg.mL⁻¹ a 25 mg.mL⁻¹ indicaram uma possível atividade antimicrobiana frente ao micro-organismo,

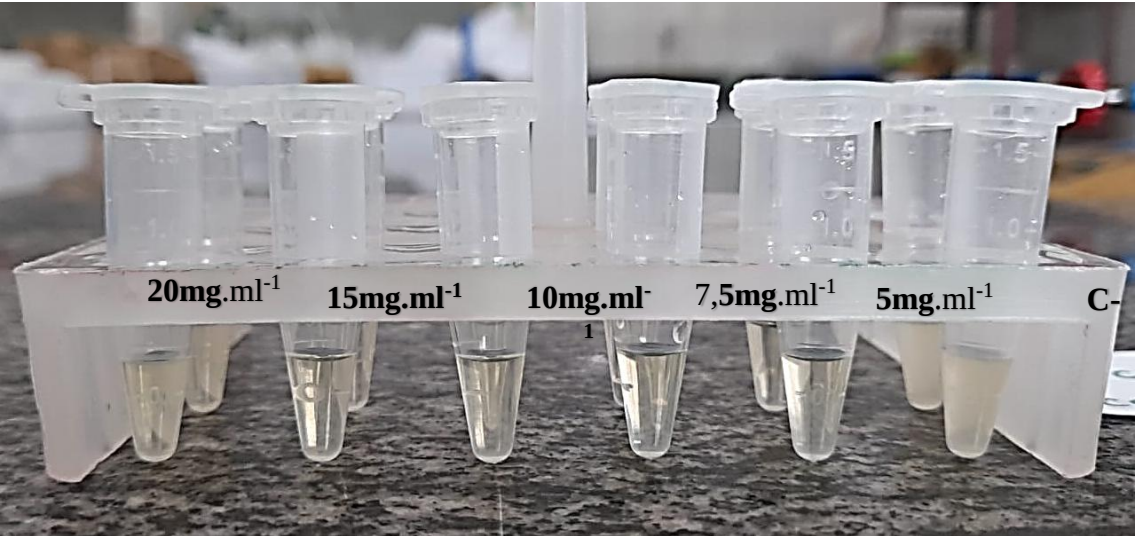
considerando o aspecto observado no interior dos tubos (Figura 2). O controle negativo, ou seja, os tubos sem a presença do óleo essencial, para ambas as cepas, exibiram forte indicativo de crescimento bacteriano, caracterizado pela alta turvação no seu interior, indicando viabilidade biológica das cepas pelo aspecto de turbidez observado.

Figura 1: Verificação de atividade antimicrobiana por meio da CIM nas diferentes concentrações para *E.coli*, além do controle negativo.



Fonte: Os autores.

Figura 2: Verificação de atividade antimicrobiana por meio da CIM nas diferentes concentrações para *S.aureus*, além do controle negativo.



Fonte: Os autores.

Os dados obtidos da CBM para *E.coli* e para *S.aureus* não coincidiu em sua totalidade com os resultados observados na CIM. Os resultados da CBM para *E.coli* e *S.aureus*, foram ilustrados por meio de estatística descritiva como mostra as tabelas 1 e 2 respectivamente.

Tabela 1: Concentração bactericida mínima do óleo de copaíba (*Copaífera officinalis*) frente *E.coli* representada pela média e desvio padrão.

Concentração do antimicrobiano	<i>Escherichia coli</i> (Log ₁₀ UFC.mL ⁻¹) X±DP
20 mg. mL ⁻¹	0.00±0.00
15 mg. mL ⁻¹	4.69±0.01
10 mg. mL ⁻¹	0.00±0.00
7.5 mg. mL ⁻¹	4.60±0.01
5 mg. mL ⁻¹	6.69±0.02
Controle	6.39±0.00

*X= média aritmética; DP= desvio padrão

Fonte: Os autores.

Tabela 2: Concentração bactericida mínima do óleo de copaíba (*Copaífera officinalis*) frente *S.aureus* representada pela média e desvio padrão.

Concentração do antimicrobiano	<i>Staphylococcus aureus</i> (Log ₁₀ UFC.mL ⁻¹) X±DP
30 mg. mL ⁻¹	0.00±0.00
25 mg. mL ⁻¹	0.00±0.00
20 mg. mL ⁻¹	7.39±0.02
15 mg. mL ⁻¹	7.87±0.03
10 mg. mL ⁻¹	7.50±0.00
controle	9.36±0.02

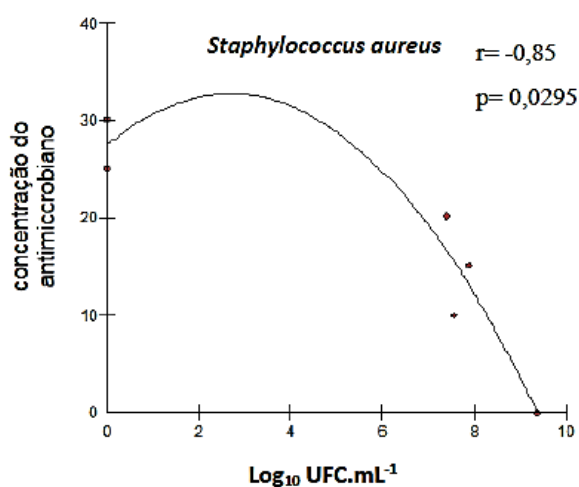
*X= média aritmética; DP= desvio padrão

Fonte: Os autores.

A estatística inferencial também foi aplicada para aprofundar a interpretação dos resultados obtidos para *S.aureus*, expressos no gráfico um e *E.coli* no gráfico 2.

Diante dos dados obtidos, o teste estatístico que se mostrou mais adequado perante as variáveis utilizadas, para uma melhor compreensão do efeito do óleo essencial sobre ambos os micro-organismos, foi o teste de Correlação de Pearson.

Gráfico 1: Relação entre a concentração do antimicrobiano e o crescimento de *S. aureus* medida em $\text{Log}_{10} \text{UFC} \cdot \text{mL}^{-1}$ representado pelo coeficiente de correlação.

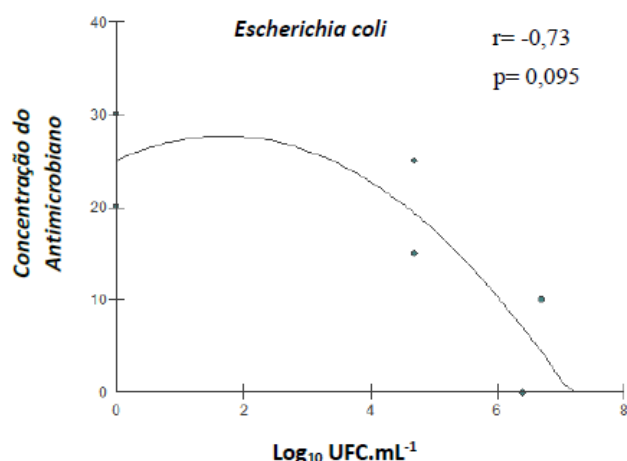


Fonte: Os autores.

Os dados do gráfico número um representam o resultado do teste de Correlação, o qual apontou significância estatística em relação a atividade do composto para *S.aureus*, com valor de $r = -0,85$, caracterizando uma forte correlação negativa, ou seja, isso indica que quanto maior a dose do composto menor é o crescimento bacteriano, resultado este reforçado ainda pelo valor da $p < 0,05$, apontando significância estatística.

Por outro lado, os dados para *E.coli* apresentados no gráfico número dois, mostram que o coeficiente de correlação foi de $r = -0,73$, e isso revela que também houve uma correlação negativa, porém moderada quanto as variáveis dose/crescimento, não demonstrando significância estatística, considerando valor de $p > 0,05$. Em prática isso significa que, possivelmente a atividade do óleo de copaíba como bactericida para *E.coli* não tenha surtido efeito de fato nas concentrações experimentadas.

Gráfico 2: Relação entre a concentração do antimicrobiano e o crescimento de *E. coli* medida em $\text{Log}_{10} \text{UFC} \cdot \text{mL}^{-1}$ representado pelo coeficiente de correlação.



Fonte: Os autores.

DISCUSSÃO

O presente estudo verificou que a atividade antibacteriana do óleo de copaíba da espécie *C. officinalis*, mostrou variações consideráveis frente as bactérias em questão e em determinadas concentrações examinadas. Os dados da CIM e CBM divergiram em algumas concentrações e acredita-se que isso se deva às peculiaridades de cada bactéria frente ao óleo essencial.

De modo geral, os resultados mostraram uma dinâmica atípica em resposta ao antimicrobiano, especialmente quando observado os dados para *E.coli*, notado especificamente na concentração de $15 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$, apontando uma possível reposta biológica não linear do micro-organismo frente ao bioativo, ou seja, o efeito antimicrobiano do óleo de copaíba sobre a *E.coli* pode não ter tido uma relação direta e constante com a concentração no qual foi testada, o que foi diferente para *S.aureus*. É válido considerar a possibilidade da não atividade bactericida em si do óleo para o patógeno gram negativo, e sim, apenas um efeito bacteriostático.

A interpretação dos resultados do presente estudo, considerando o mecanismo bacteriostático, se intensifica quando pareamos os dados da CIM e da CBM, distintos entre si, pelo aspecto de turbidez observado em algumas concentrações para *E.coli* e para *S.aureus*, logo, ao consideramos os dados da CBM,

observou-se crescimento bacteriano visível nas placas em algumas concentrações em que na CIM se apresentavam clarificados, reforçando a ideia de um possível efeito inibitório na CIM, e bacteriostático na CBM.

Essa interpretação está alinhada a um estudo conduzido por Pieri et al, 2012 em que avaliaram o efeito bacteriostático do óleo de copaíba extraído da mesma espécie na qual foi utilizado no presente estudo, a *C.officinalis*, frente a bactéria *Streptococcus mutans*, onde foi observado que mesmo na ausência de turbidez nas concentrações da CIM, a CBM mostrou o contrário, e que nenhuma das concentrações foram capazes de destruir 99,9% dos micro-organismos. O que pode explicar esse tipo de interpretação da CIM no presente estudo, é o fato de se ter um baixo crescimento bacteriano, com pouca carga bacteriana, refletindo em aspecto enganoso de não crescimento bacteriano no tubo, quando na verdade se tem um efeito inibitório leve e aparência sem turbidez significativa.

A ação antibacteriana distinta do óleo de copaíba em *S.aureus* e *E.coli* era esperado, visto que ambos os micro-organismos apresentam características particulares em relação a morfologia, especialmente da parede celular. Para *S. aureus*, as concentrações de 30 mg.mL⁻¹ e 25 mg.mL⁻¹ caracterizaram a CBM, e esse resultado indicou grande possibilidade de sensibilidade bacteriana ao bioativo, por outro lado as outras concentrações mostraram ser menos eficientes e com variações de baixa eficiência próximas umas das outras. Com relação a *E.coli*, o resultado da CBM determinada especialmente nas concentrações de 10 mg.mL⁻¹ e 20 mg.mL⁻¹, considerando os dados da estatística descritiva com os valores de média e desvio padrão, reforça o fato de que nessas concentrações não houve crescimento visível de colônias.

Essa ação mais efetiva em gram positivos também foi observada por Santos et al, 2008b em seu trabalho sobre atividade antimicrobiana, onde avaliaram a ação de óleos de copaíba obtido de diferentes espécies do gênero *Copaífera*, e observaram que para *S.aureus* o óleo de três espécies de *Copaífera* incluindo a *C.officinalis*, apresentaram atividade antibacteriana, com diminuição da viabilidade dos micro-organismos, ao passo que para *E.coli*, os óleos não apresentaram atividade antibiótica.

Outra análise interessante também realizada por Santos et al 2008b, foi a observação das células bacterianas por meio da Microscopia eletrônica de

transmissão, após a exposição aos óleos de copaíba, em que foi observado alterações na parede celular de bactérias gram positivas, caracterizado pela lise celular com perda de citoplasma, aglomerados e de volume. Essa é uma observação a ser considerada no presente estudo, onde ao avaliar a presença de turbidez em algumas concentrações da CIM, essas mesmas concentrações ao serem semeadas na etapa da CBM, mostraram o não crescimento bacteriano, por isso, embora algumas concentrações da CIM não apresentassem turbidez visível, todas elas foram semeadas no ágar Mueller-Hinton, para uma maior confiabilidade em nossos resultados.

Ao contrário dos resultados do presente estudo, um experimento conduzido por Parcker e Luz, 2007, no qual foi avaliado a ação do óleo de copaíba sobre algumas cepas gram positivas e gram negativas, foi observado que o óleo não demonstrou atividade bacteriana sobre *S.aureus* e *E.coli*, considerando que a metodologia e as cepas utilizadas foram diferentes em relação a nossa, além de não especificar no estudo qual espécie da *Copaífera* os autores utilizaram o óleo, é importante salientar que questões como, método de obtenção do bioativo, espécie, pureza e outras características, podem ser fundamentais no resultado final da análise.

A atividade antimicrobiana do óleo de copaíba é atribuída aos componentes importantes que integram sua estrutura bioquímica, segundo Veiga-Júnior & Pinto, 2002, os sesquiterpenos compõem 80% da constituição dos óleos de copaíba, onde substâncias como α -copaeno, β -cariofileno, β -bisaboleno, α e β -selineno, α -humuleno e δ e γ -cadideno, estão entre os mais encontrados nos estudos de análise bioquímica do óleo. O beta cariofileno, é considerado o principal componente do óleo essencial da *C. officinalis*, representando até 51% da sua composição química, de acordo com os dados observados no laudo que acompanhava o bioativo.

Apesar de encontrar na literatura muitos estudos sobre a atividade antibacteriana de extratos vegetais, a falta de padronização das metodologias que envolvem óleos essenciais, ainda dificulta a comparação dos resultados obtidos por outros autores. Sabe-se de fato que, o potencial antibacteriano do óleo de copaíba é autentico e apresenta efeito antibiótico, seja como atividade bactericida ou bacteriostática, dado confirmado por vários autores em seus trabalhos (Baskaran et al, 2009; Mendonça; Onofre, 2009).

Apesar de já existir esse conhecimento do efeito antibacteriano do óleo de

copaíba, não exclui a necessidade de que mais estudos sejam produzidos de forma mais profunda, com maiores concentrações e principalmente que a padronização das metodologias disponíveis seja implementada nos estudos com extratos vegetais, para uma melhor compreensão da ação dos óleos essenciais, resultando na implementação prática do mesmo na antibioticoterapia.

CONCLUSÃO

Os achados deste estudo demonstram que o óleo de copaíba exerce efeito antimicrobiano relevante frente a *S.aureus*, evidenciado por uma forte correlação negativa entre concentração e crescimento bacteriano, indicando que o aumento da dose resulta em significativa inibição do patógeno. Em contrapartida, para *E.coli* observou-se correlação negativa moderada, sem significância estatística, sugerindo que as concentrações avaliadas não foram suficientes para promover efeito bactericida consistente.

Essa diferença de resposta entre bactérias Gram-positivas e Gram-negativas pode estar associada a barreiras estruturais da parede celular e à permeabilidade diferencial aos compostos bioativos do óleo. Considerando o contexto global de resistência antimicrobiana, recomenda-se a ampliação da faixa de concentrações testadas para *E. coli*, bem como a avaliação de mecanismos de ação e possíveis interações sinérgicas com antimicrobianos convencionais, visando explorar plenamente o potencial terapêutico do óleo de copaíba.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

REFERÊNCIAS

ARRUDA, C.; ALDANA, M. J. A.; RIBEIRO, V. P.; GAMBETTA, B. C. H.; MARTINS, C. H. G.; SOLA, V. R. C. *et al.* Ocorrência, composição química, atividades biológicas e métodos analíticos no gênero *Copaifera* – uma revisão. **Biomedicine & Pharmacotherapy**, v. 109, p. 1–20, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2018.10.030>.

BAPTISTA, M. G. F. M. **Mecanismos de resistência aos antibióticos**. 2013. 42 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biomédicas) – Universidade Lusófona de

AÇÃO ANTIBACTERIANA DO ÓLEO ESSENCIAL DA COPAÍBA EM CEPAS DE STAPHYLOCOCCUS AUREUS E ESCHERICHIA COLI. Francisca Nadine Lima de MOURA; Talita Bandeira ROOS; Nayane da Silva SANTOS; Carina Martins de MORAES; Matheus Martins RAMOS; Joelson Sousa LIMA; Monique Damasceno PINTO. JNT Facit Business and Technology Journal. QUALIS B1. ISSN: 2526-4281 - FLUXO CONTÍNUO. 2025 - MÊS DE SETEMBRO - Ed. 66. VOL. 01. Págs. 43-58. <http://revistas.faculdefacit.edu.br>. E-mail: jnt@faculdefacit.edu.br.

- Humanidades e Tecnologia, Lisboa, 2013. Disponível em: <https://recil.ulusofona.pt/items/521564d6-79a2-4e25-a244-55ac238d7245>.
- BASKARAN, S. A.; KAZMER, G. W.; HINCKLEY, L.; ANDREW, S. M.; VENKITANARAYANAN, K. Antibacterial effect of plant-derived antimicrobials on major bacterial mastitis pathogens *in vitro*. **Journal of Dairy Science**, v. 92, p. 1423-1429, 2009. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1384>.
- BLAIR, J. M.; WEBBER, M. A.; BAYLAY, A. J.; OGBOLU, D. O.; PIDDOCK, L. J. Molecular mechanisms of antibiotic resistance. **Nature Reviews Microbiology**, v. 13, n. 1, p. 42-51, jan. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1038/nrmicro3380>.
- CASTRO, R. D.; LIMA, E. O. Atividade antifúngica *in vitro* do óleo essencial de *Eucalyptus globulus* L. sobre *Candida albicans* spp. **Revista de Odontologia da UNESP**, v. 39, n. 3, p. 179, 2010. Disponível em: <https://revodontolunesp.com.br/article/588018b07f8c9d0a098b4d7f/pdf/rou-39-3-179.pdf>.
- COSTA, A. L. P. **Resistência bacteriana aos antibióticos: uma perspectiva do fenômeno biológico, suas consequências e estratégias de contenção**. 2016. 63 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.18468/estcien.2017v7n2.p45-57>.
- DINI, V. S. Q.; FURTADO, S. C.; BARCELLOS, J. F. M.; COSTA, O. S. T. Ação anti-inflamatória do óleo de copaíba em artrite causada em modelo animal: uma revisão sistemática. **Scientia Amazonia**, v. 8, n. CB1, 2019. Disponível em: <https://scientia-amazonia.org/wp-content/uploads/2018/11/v.8-n.1-CB1-CB12-2019.pdf>.
- DUSE, A.; WALLER, K. P.; EMANUELSON, U.; UNNERSTAD, H. E.; PERSSON, Y.; BENGTTSSON, B. Fatores de risco para resistência antimicrobiana em *Escherichia coli* fecal de bezerros leiteiros pré-desmamados. **Journal of Dairy Science**, v. 98, p. 500-516, 2015. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8432>.
- FRAZÃO, D. R.; CRUZ, J. N.; SANTANA, O. M.; BAIA-DA-SILVA, D. C.; NAZÁRIO, R. M. F.; RODRIGUES, M. F. L. *et al.* Evaluation of the biological activities of *Copaiba* (*Copaifera* spp.): a comprehensive review based on scientometric analysis. **Frontiers in Pharmacology**, v. 14, p. 1215437, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3389/fphar.2023.1215437>.
- FREIRES, M. S.; RODRIGUES, J. O. M. Resistência bacteriana ao uso indiscriminado de azitromicina versus Covid-19: uma revisão integrativa. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, v. 11, n. 1, p. e31611125035, 2022. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i1.25035>.
- GONÇALVES, D. C. M.; GAMA, J. R. V.; OLIVEIRA, F. A. O.; OLIVEIRA, J. R. C.; ARAÚJO, G. C.; ALMEIDA, L. S. Aspectos mercadológicos dos produtos não madeireiros na
- AÇÃO ANTIBACTERIANA DO ÓLEO ESSENCIAL DA COPAÍBA EM CEPAS DE STAPHYLOCOCCUS AUREUS E ESCHERICHIA COLI**. Francisca Nadine Lima de MOURA; Talita Bandeira ROOS; Nayane da Silva SANTOS; Carina Martins de MORAES; Matheus Martins RAMOS; Joelson Sousa LIMA; Monique Damasceno PINTO. JNT Facit Business and Technology Journal. QUALIS B1. ISSN: 2526-4281 - FLUXO CONTÍNUO. 2025 - MÊS DE SETEMBRO - Ed. 66. VOL. 01. Págs. 43-58. <http://revistas.faculdefacit.edu.br>. E-mail: jnt@faculdefacit.edu.br.

- economia de Santarém-Pará, Brasil. **Floresta e Ambiente**, v. 19, n. 1, p. 9-16, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.4322/floram.2012.002>.
- MENDONÇA, D. E.; ONOFRE, S. B. Atividade antimicrobiana do óleo-resina produzida pela copaíba – *Copaifera multijuga* Hayne (Leguminosae). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 19, p. 577-581, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-695X2009000400012>.
- PACKER, J. F.; LUZ, M. M. Método de avaliação e pesquisa da atividade inibitória de produtos naturais. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 17, p. 102-107, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-695X2007000100019>.
- PIERI, F. A.; MUSSI, M. C. M.; FIORINI, J. E.; MOREIRA, M. A. S.; SCHNEEDOR, J. M. Efeito bacteriostático do óleo de copaíba (*Copaifera officinalis*) contra *Streptococcus mutans*. **Brazilian Dental Journal**, v. 23, n. 1, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-64402012000100006>.
- RIBEIRO, I. C. de O.; MARIANO, E. G. A.; CARELI, R. T.; MORAIS-COSTA, F.; SANT'ANNA, F. M. de; PINTO, M. S. *et al.* Plants of the Cerrado with antimicrobial effects against *Staphylococcus* spp. and *Escherichia coli* from cattle. **BMC Veterinary Research**, v. 14, n. 1, p. 32, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12917-018-1351-1>.
- SAMOILOVA, Z.; SMIRNOVA, G.; MUZYKA, N.; OKTYABRSKYA, O. Extratos de plantas medicinais modulam de maneira variada a suscetibilidade de *Escherichia coli* a diferentes antibióticos. **Microbiological Research**, v. 169, p. 307-313, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.micres.2013.06.013>.
- SANTOS, A. O.; UEDA-NAKAMURA, T.; DIAS FILHO, B. P.; VEIGA JUNIOR, V. F.; PINTO, A. C.; NAKAMURA, C. V. Antimicrobial activity of Brazilian copaiba oils obtained from different species of the *Copaifera* genus. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 103, p. 277-280, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0074-02762008005000015>.
- SANTOS, A. O.; UEDA-NAKAMURA, T.; DIAS, F. B. P.; VEIGA, V. F. J.; PINTO, A. C.; NAKAMURA, C. V. Efeito dos óleos de copaíba brasileiros sobre *Leishmania amazonensis*. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 120, n. 2, p. 204-208, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jep.2008.08.007>.
- SANTURIO, J. M. *et al.* Atividade antimicrobiana dos óleos essenciais de orégano, tomilho e canela frente a sorovares de *Salmonella enterica* de origem avícola. **Ciência Rural**, v. 37, n. 3, p. 803-808, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782007000300031>.
- TRINDADE, R.; SILVA, J. K.; SETZER, W. N. *Copaifera* of the Neotropics: A review of the phytochemistry and pharmacology. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 19, n. 5, p. 1511, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms19051511>.
- ACÇÃO ANTIBACTERIANA DO ÓLEO ESSENCIAL DA COPAÍBA EM CEPAS DE STAPHYLOCOCCUS AUREUS E ESCHERICHIA COLI. Francisca Nadine Lima de MOURA; Talita Bandeira ROOS; Nayane da Silva SANTOS; Carina Martins de MORAES; Matheus Martins RAMOS; Joelson Sousa LIMA; Monique Damasceno PINTO. JNT Facit Business and Technology Journal. QUALIS B1. ISSN: 2526-4281 - FLUXO CONTÍNUO. 2025 - MÊS DE SETEMBRO - Ed. 66. VOL. 01. Págs. 43-58. <http://revistas.faculdefacit.edu.br>. E-mail: jnt@faculdefacit.edu.br.

VEIGA JÚNIOR, V. F.; PINTO, A. C. O gênero **Copaifera** L. *Química Nova*, v. 25, p. 273-286, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422002000200016>.