SCIENTIA PLENA
www.scientiaplena.org.br
VOL. 22, NUM. 10 2026
doi: 10.14808/sci.plena.2026.104501

Potencial bioativo de extratos foliares hexânicos e etanólicos de *Vismia guianensis* frente a microrganismos patogênicos e sua atividade antioxidante

Bioactive potential of hexane and ethanolic leaf extracts of *Vismia guianensis* against pathogenic microorganisms and their antioxidant activity

L. K. S. Santos[1]*; W. R. Gomes[1]; J. S. Luciano[2]; A. D. G. Freitas[3]

[1]*Departamento de Farmácia do Instituto de Ciências Farmacêuticas/Laboratório de Química de Produtos Naturais/Sul, Universidade Federal do Amazonas, 69077-000, Manaus-AM, Brasil*
[2]*Departamento de Pesquisa do Programa de Pós-graduação em Biologia da Interação Patógeno-Hospedeiro/Laboratório de Diversidade Microbiana da Amazônia com Importância para a Saúde, Instituto Leônidas e Maria Deane (ILMD/Fiocruz Amazônia), 69057-070, Manaus-AM, Brasil*
[3]*Departamento de Morfologia do Instituto de Ciências Biológicas/Laboratório de Pesquisa em Microbiologia/Sul, Universidade Federal do Amazonas, 69077-000, Manaus-AM, Brasil*

**lousianne2003@gmail.com*
(Recebido em 31 de março de 2026; aceito em 15 de novembro de 2026)

O uso recorrente de antibióticos favorece o desenvolvimento da resistência antimicrobiana (RAM), impulsionando a busca por compostos alternativos em plantas medicinais. *Vismia guianensis* (Hypericaceae), conhecida como "lacre", é tradicionalmente utilizada contra infecções cutâneas e fúngicas. Este estudo avaliou a atividade antimicrobiana e antioxidante de extratos foliares de *V. guianensis* obtidos por três métodos (estático, ultrassom e Soxhlet) com solventes etanol e hexano. Os extratos foram testados em diferentes concentrações (10–50 mg/mL) frente às cepas padrão *Escherichia coli* (ATCC 25922), *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 27853) e *Candida albicans* (ATCC 76645) pelo método de difusão em disco. A caracterização fitoquímica foi realizada por cromatografia em camada delgada (CCD) e a atividade antioxidante avaliada pelo ensaio com solução de DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil). O extrato etanólico estático (EE) apresentou atividade antifúngica significativa contra *C. albicans* ($p < 0,0001$), enquanto o extrato hexânico Soxhlet (HS) inibiu *E. coli* ($p < 0,0001$). O extrato hexânico estático (HE) mostrou atividade frente a *P. aeruginosa*, embora com crescimento bacteriano posterior, o que sugere possível efeito bacteriostático. Já os extratos por ultrassom (EU e HU) apresentaram baixa atividade inibitória. A CCD revelou diferentes metabólitos, incluindo antraquinonas (Rf 0,875), e o ensaio antioxidante indicou halos positivos para todos os extratos, com destaque para EE e EU, cujos halos foram visualmente mais intensos que os do ácido ascórbico. Conclui-se que *V. guianensis* apresenta potencial como fonte de compostos bioativos com propriedades antimicrobianas e antioxidantes e que o método de extração influenciou a atividade observada.
Palavras-chave: *Vismia guianensis,* atividade antimicrobiana, atividade antioxidante.

The recurrent use of antibiotics favors the development of antimicrobial resistance (AMR), driving the search for alternative compounds from medicinal plants. *Vismia guianensis* (Hypericaceae), commonly known as "lacre," is traditionally used to treat skin and fungal infections. This study evaluated the antimicrobial and antioxidant activities of *V. guianensis* leaf extracts obtained by three methods (static maceration, ultrasound, and Soxhlet) using ethanol and hexane as solvents. The extracts were tested at different concentrations (10–50 mg/mL) against standard strains of *Escherichia coli* (ATCC 25922), *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 27853), and *Candida albicans* (ATCC 76645) by the disc diffusion method. Phytochemical characterization was performed by thin-layer chromatography (TLC), and antioxidant activity was evaluated using the DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) assay. The static ethanolic extract (EE) showed significant antifungal activity against *C. albicans* ($p < 0.0001$), while the Soxhlet hexane extract (HS) inhibited *E. coli* ($p < 0.0001$). The static hexane extract (HE) demonstrated activity against *P. aeruginosa*, although with subsequent bacterial growth, suggesting a possible bacteriostatic effect. Extracts obtained by ultrasound (EU and HU) displayed low inhibitory activity. TLC revealed various metabolites, including anthraquinones (Rf 0.875), and the antioxidant assay indicated positive halos for all extracts, with EE and EU showing visually more intense halos than ascorbic acid. In conclusion, *V. guianensis* shows potential as a source of bioactive compounds with antimicrobial and antioxidant properties, and the extraction method influenced the observed biological activity.
Keywords: *Vismia guianensis*, antimicrobial activity, antioxidant activity.

1. INTRODUÇÃO

A resistência antimicrobiana (RAM) consiste na capacidade de microrganismos, como bactérias, vírus, fungos e parasitas, resistirem aos tratamentos farmacológicos antimicrobianos [1]. Nos últimos anos, observou-se um decréscimo na inovação produtiva de antibióticos e o uso constante das mesmas opções favorece o desenvolvimento de organismos com RAM [2]. Trata-se de um problema de saúde mundial, que compromete o tratamento de infecções e reduz a eficácia de medicamentos antimicrobianos [3].

A família Hypericaceae é representada no Brasil por dois gêneros: *Hypericum* L., com maior ocorrência na região Sul, e *Vismia* Vand., distribuída principalmente nas regiões Norte e Nordeste do país. O gênero *Vismia* reúne 46 espécies aceitas, distribuídas do sul do México à América do Sul tropical [4]. Muitas espécies apresentam ampla distribuição, como *Vismia guianensis* (Aubl.) Choisy e *Vismia cayennensis* (Jacq.) Pers., sendo estas comuns no Brasil [5]. Popularmente, são conhecidas como "lacre" ou "pau-de-lacre", em alusão aos exsudatos de coloração laranja-avermelhada, amarelada ou alaranjada característicos dessas plantas [6].

O uso de espécies de *Vismia* na medicina tradicional é extensivo, sobretudo nas comunidades da Floresta Amazônica, onde são empregadas no tratamento de feridas e de doenças associadas a infecções [7, 8]. *Vismia guianensis*, em particular, é a espécie do gênero mais utilizada no tratamento de lesões cutâneas, incluindo as causadas pela leishmaniose [6]. Antraquinonas e outros derivados quinônicos, terpenoides e constituintes voláteis são os principais compostos relatados para o gênero [9], e antronas, xantonas, benzofenonas e flavonoides também são produzidos pelas espécies da tribo Vismieae [8].

Diante da necessidade de novos compostos antimicrobianos mais eficientes e acessíveis, plantas medicinais surgem como alternativa promissora, podendo atuar como fontes de moléculas com atividade antimicrobiana direta, ação anti-virulência, potencial antioxidante e possibilidade de uso complementar no enfrentamento de infecções bacterianas e fúngicas resistentes [10-12]. Os extratos vegetais são reconhecidos como matrizes complexas de compostos bioativos, justificando seu uso terapêutico e sua investigação fitoquímica [11, 12].

Em comparação a fontes sintéticas ou a processos de obtenção mais complexos, as plantas apresentam vantagens relevantes para a prospecção de antimicrobianos, incluindo ampla disponibilidade de biomassa, diversidade química natural, baixo custo inicial de triagem, possibilidade de cultivo ou manejo regional e obtenção de diferentes perfis metabólicos conforme o solvente e o método de extração. Além disso, metabólitos vegetais como fenólicos, flavonoides, quinonas, xantonas e terpenoides podem atuar por mecanismos múltiplos, como alteração de membranas, interferência em enzimas, redução de fatores de virulência e neutralização de radicais livres, o que amplia seu interesse para aplicações farmacológicas e biotecnológicas [10, 12].

Embora extratos foliares de *V. guianensis* já tenham sido investigados quanto à composição química e à atividade antimicrobiana, poucos estudos compararam, em uma mesma triagem, diferentes métodos de extração (estático, ultrassom e Soxhlet) e solventes de polaridades distintas (hexano e etanol) quanto às atividades antimicrobiana e antioxidante. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar o potencial antimicrobiano e antioxidante de extratos obtidos a partir das folhas de *Vismia guianensis*, bem como realizar a caracterização fitoquímica preliminar por cromatografia em camada delgada (CCD). Especificamente, buscou-se preparar extratos pelos métodos estático, ultrassom e Soxhlet, avaliar a atividade inibitória frente às cepas padrão *Escherichia coli* (ATCC 25922), *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 27853) e *Candida albicans* (ATCC 76645), avaliar a atividade antioxidante pelo ensaio com solução de DPPH em CCD e relacionar as possíveis classes de metabólitos secundários presentes nos extratos com as atividades biológicas observadas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Coleta e processamento do material foliar

A coleta das folhas de *Vismia guianensis* foi realizada no campus da Universidade Federal do Amazonas (UFAM). O material botânico coletado foi transportado para o Laboratório de Pesquisa

em Microbiologia do Instituto de Ciências Biológicas (ICB/UFAM). Trata-se de espécie de ocorrência nativa, não ameaçada, cuja coleta não necessitou de autorização específica do IBAMA/SISBIO. As folhas coletadas foram submetidas à secagem em estufa de circulação de ar a 55 °C até peso constante. Em seguida, foram trituradas em liquidificador até obtenção de pó homogêneo.

2.2 Obtenção dos extratos e rendimento

Os extratos foliares de *Vismia guianensis* foram preparados a partir de 50 g do pó vegetal imerso em 500 mL de solvente (etanol ou hexano), utilizando três diferentes métodos: estático, ultrassom e Soxhlet. No método estático, as amostras permaneceram em maceração por sete dias em temperatura ambiente, em béquer de vidro tampado com papel alumínio. No método ultrassom, as amostras foram submetidas à sonda ultrassônica (20 kHz) por 8 minutos, repetidos cinco vezes (40 minutos no total). Já no método Soxhlet, as amostras foram submetidas à extração contínua, sendo realizados dez ciclos para o solvente hexano e oito ciclos para o solvente etanol, a 68 °C em manta aquecedora. Em todos os métodos, o material foi filtrado em papel de filtro simples e os solventes foram removidos por evaporação ou rotaevaporação até obtenção de extratos sólidos/concentrados. Após a concentração dos extratos, o percentual de rendimento foi calculado conforme Aluko (2024) [13], por meio da equação abaixo:

$$\text{Rendimento (\%)} = \frac{\text{Massa do extrato seco (g)}}{\text{Massa das folhas e cascas (g)}} \text{ X } 100$$

2.3 Testes antimicrobianos

Os extratos obtidos foram pesados em balança semi-analítica e diluídos em 1.000 µL (1 mL) de dimetilsulfóxido (DMSO) estéril para obtenção das concentrações finais de 10, 15, 20 e 50 mg/mL. A atividade antimicrobiana foi avaliada por disco-difusão, com adaptações do protocolo M44 (2018) do Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI), descrito para leveduras, sendo as mesmas condições aplicadas às bactérias [14]. As cepas padrão *Escherichia coli* (ATCC 25922), *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 27853) e *Candida albicans* (ATCC 76645) foram reativadas em ágar Mueller-Hinton (MH) a 37 °C por 24 h. A partir desse crescimento, suspensões microbianas foram preparadas em água destilada estéril até turbidez equivalente a 0,5 da escala de McFarland. As suspensões foram semeadas em placas de Petri contendo MH e, sobre a superfície, aplicaram-se discos de papel de filtro (5 mm de diâmetro) previamente embebidos nas diferentes concentrações dos extratos. Como controles positivos, utilizaram-se tetraciclina e ciprofloxacino para as bactérias, e sulfametoxazol para o fungo. O DMSO foi empregado como controle negativo. As placas foram incubadas em câmaras climatizadas B.O.D. a 35 °C por 72 h. Foram observados o crescimento microbiano e a formação de halos de inibição, que foram medidos com régua milimetrada. Todos os ensaios foram realizados em quintuplicata.

2.4 Análise estatística

Os resultados foram expressos como média ± desvio padrão (DP) dos diâmetros dos halos de inibição. Foi realizada análise de variância de duas vias (Two-way ANOVA), seguida do teste de comparações múltiplas de Tukey, com nível de significância de 5% ($p < 0,05$). As análises foram conduzidas no software GraphPad Prism®, versão 10.4.2 (GraphPad Software Inc., San Diego, CA, EUA).

2.5 Cromatografia em camada delgada (CCD)

Os extratos foliares foram analisados por cromatografia em camada delgada (CCD) em placas de sílica gel (10 cm). Amostras diluídas em solvente foram aplicadas a 1 cm da base da placa e eluídas em sistema hexano:diclorometano (1:1). As placas foram reveladas sob luz UV (366 nm),

luz negra e solução etanólica de KOH 10%, com aquecimento em chapa. Os valores de fator de retenção (Rf) foram calculados a partir da razão entre a distância percorrida pela mancha e a do solvente.

2.6 Ensaio antioxidante (DPPH em CCD)

A atividade antioxidante foi avaliada por ensaio qualitativo em CCD. Uma solução de DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil**;** 40 mg em 10 mL de etanol:metanol, 1:1) foi preparada como reagente revelador. Amostras de 1 mg de cada extrato foram aplicadas em placas de sílica (5 × 5 cm), juntamente com controles positivos (ácido ascórbico, 5 mg/50 mL) e negativos (etanol e hexano). Após aplicação, as placas foram imersas na solução de DPPH e mantidas em repouso, protegidas da luz, por 10 minutos. A formação de manchas amarelas indicou atividade antioxidante relativa dos extratos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Rendimentos dos extratos foliares

Após a obtenção dos extratos por meio dos três métodos de extração (estático, ultrassom e Soxhlet), os rendimentos variaram de 4,01% a 7,81%, dependendo do solvente e do método utilizado. O maior rendimento foi observado para o extrato etanólico obtido por Soxhlet (ES, 7,81%) enquanto o menor foi obtido para o extrato hexânico estático (HE, 4,01%). Essa diferença evidencia a influência tanto da polaridade do solvente quanto das condições de extração na recuperação de metabólitos secundários (Tabela 1).

Tabela 1. Percentual de rendimento dos extratos de Vismia guianensis.

Extrato e método de extração	Massa (g)	Rendimento (%)
Extrato hexânico – Estático (HE)	50 g	4,01
Extrato hexânico – Ultrassom (HU)	50 g	5,05
Extrato hexânico – Soxhlet (HS)	50 g	4,66
Extrato etanólico – Estático (EE)	50 g	5,24
Extrato etanólico – Ultrassom (EU)	50 g	6,50
Extrato etanólico – Soxhlet (ES)	50 g	7,81

O etanol, por ser um solvente polar prótico, tende a favorecer a extração de compostos com maior polaridade, incluindo fenólicos e flavonoides, amplamente descritos para o gênero *Vismia* [8], e extratos de uma mesma planta obtidos com solventes de diferentes polaridades podem apresentar perfis distintos de atividade biológica [15]. A afinidade do etanol por esses compostos pode justificar os maiores rendimentos obtidos com os extratos etanólicos (EE, ES e EU), especialmente pelo método Soxhlet, que utiliza aquecimento contínuo e ciclos repetitivos de extração. Para *V. guianensis*, Diel et al. (2025) [16] demonstraram que a técnica de extração altera a recuperação das antraquinonas majoritárias, vismiaquinona A e fisciona, extraídas com maior eficiência por CO_2 supercrítico do que por solventes orgânicos. Já os métodos convencionais, como Soxhlet e maceração, dependem de aquecimento e/ou de tempos longos de extração [17]. De forma complementar, os extratos hexânicos apresentaram rendimentos menores, compatíveis com a baixa polaridade do solvente, que tende a solubilizar preferencialmente compostos lipofílicos, como terpenoides e antraquinonas menos polares [8, 16].

O ultrassom apresentou rendimento intermediário com etanol (EU, 6,50%) e o maior rendimento entre os extratos hexânicos (HU, 5,05%). Esse método é considerado eficiente para acelerar a extração por cavitação acústica, que promove ruptura parcial das estruturas celulares e facilita a difusão dos compostos para o solvente [17]. Ao comparar os métodos, observa-se que o Soxhlet foi o mais eficiente no rendimento quando utilizado com solvente polar (etanol) enquanto,

com hexano, o ultrassom superou ligeiramente o Soxhlet; a maceração estática foi a menos eficaz para ambos os solventes. Com etanol, esse resultado difere da revisão de Medina-Torres et al. (2017) [17], nos quais a extração assistida por ultrassom alcançou rendimentos superiores aos do Soxhlet, geralmente em menor tempo, o que pode estar relacionado ao curto tempo de sonicação empregado neste estudo (40 min). Entretanto, o rendimento elevado não implica necessariamente maior atividade biológica: a solubilidade dos metabólitos não depende apenas da polaridade do solvente, mas também da estereoquímica e das forças intermoleculares [17], e a seletividade da extração para compostos bioativos varia conforme a técnica empregada [16].

3.2 Testes antimicrobianos pelo método estático, Soxhlet e ultrassom com extratos foliares hexânicos e etanólicos

Nos ensaios por disco-difusão, o extrato hexânico de *Vismia guianensis* obtido pelo método estático (HE) apresentou formação de halos frente a *Pseudomonas aeruginosa* em todas as concentrações testadas (10 a 50 mg/mL), com médias variando de 8,6 a 12,4 mm (Figura 1). Esses resultados foram significativos ($p < 0,0001$), conforme indicado na Figura 2. No entanto, observou-se crescimento bacteriano superficial ao longo de 72 horas, sugerindo comportamento bacteriostático ou adaptação da cepa ao extrato, hipóteses que dependem de confirmação por determinação da concentração inibitória mínima (CIM) e da concentração bactericida mínima (CBM). Os resultados obtidos por Kuete et al. (2007) [18] indicam que espécies do gênero *Vismia* podem apresentar atividade antimicrobiana: por disco-difusão, extratos metanólicos de folhas, galhos e raízes de *Vismia laurentii* De Wild. foram ativos contra todos os microrganismos testados (seis bactérias Gram-positivas, 12 Gram-negativas e duas espécies de *Candida*), e compostos isolados desses extratos apresentaram CIM de até 1,22 µg/mL frente a *Nakaseomyces glabratus* (*Candida glabrata*), *Bacillus subtilis* e *Bacillus stearothermophilus*. Contudo, a comparação deve ser interpretada com cautela, pois diferenças entre espécie vegetal, solvente, método de extração, concentração e microrganismo testado podem alterar o perfil de atividade.

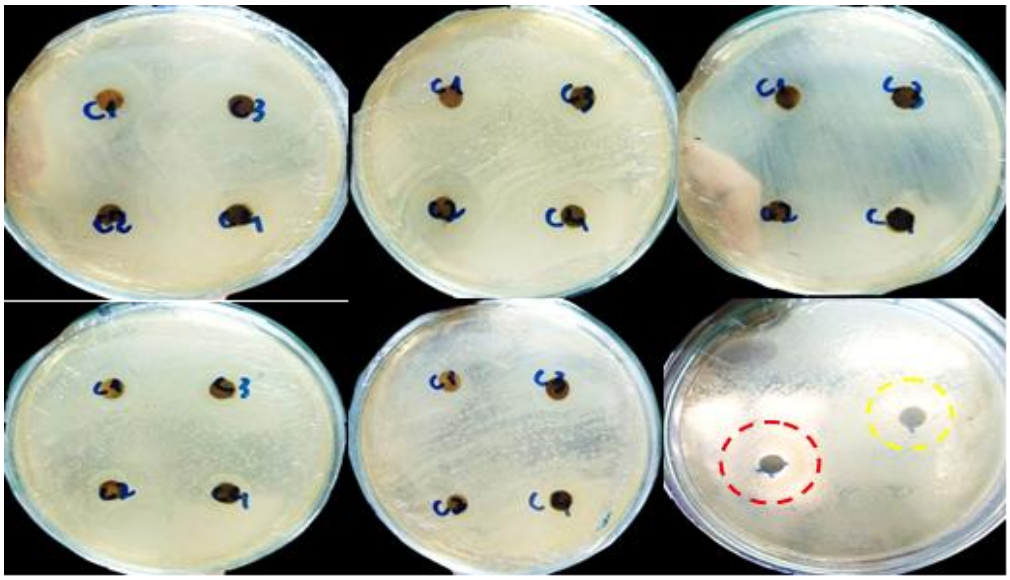


Figura 1. Placas com cultura de Pseudomonas aeruginosa após 72 horas em contato com extratos hexânicos pelo método estático. Evidenciam-se o controle positivo (círculo vermelho) com tetraciclina (halo ~6 mm) e o controle negativo (círculo amarelo) com DMSO (ausência de halos).

Todos os resultados dos experimentos com extratos hexânicos foliares de *V. guianensis* pelos métodos estático, ultrassom e Soxhlet estão demonstrados na Figura 2.

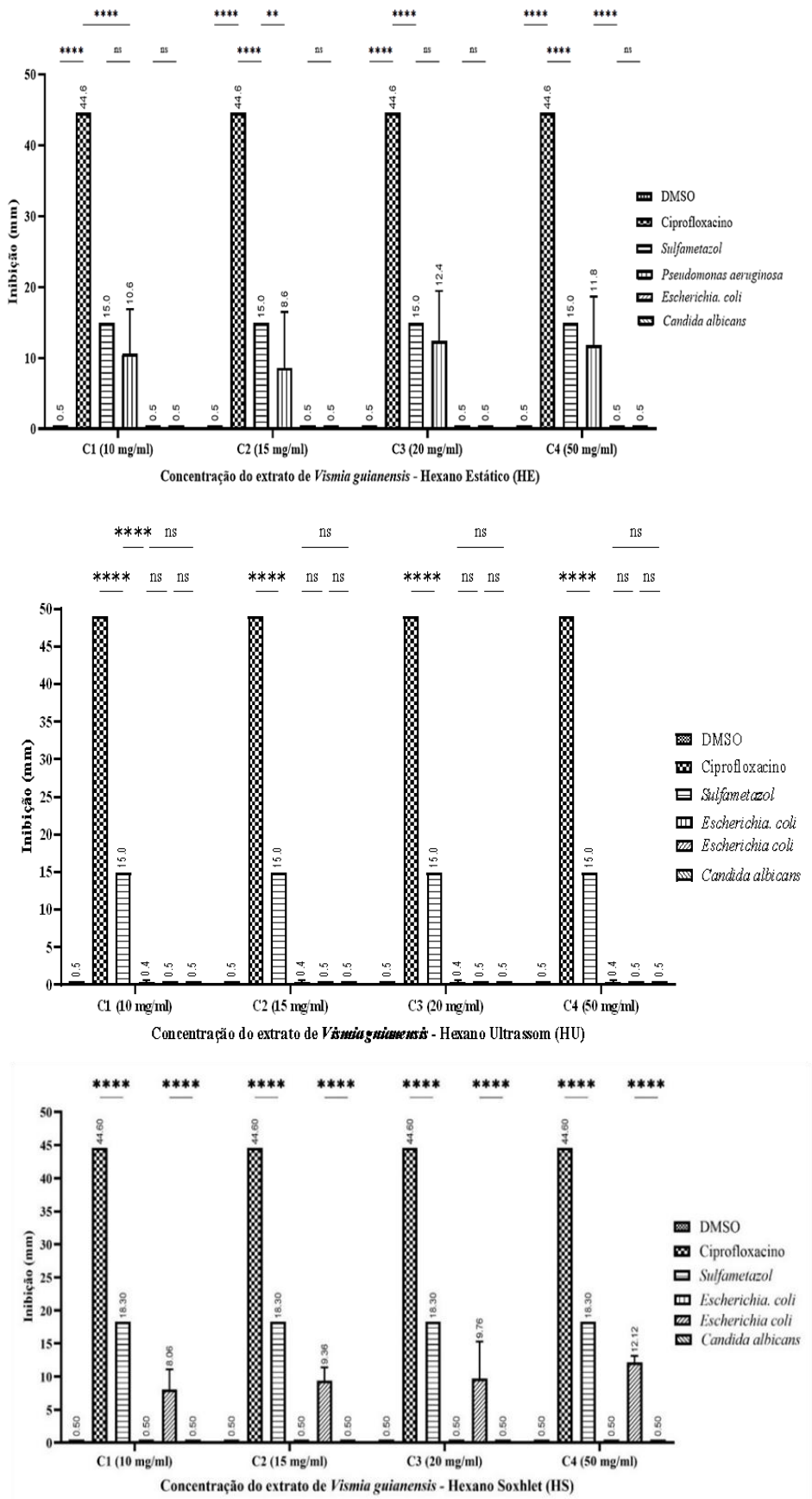


Figura 2. Avaliação da atividade dos extratos hexânicos de Vismia guianensis pelos métodos estático, ultrassom e Soxhlet frente a Escherichia coli, Pseudomonas aeruginosa e Candida albicans em quatro concentrações (10–50 mg/mL).

Com o extrato HE, não houve formação de halos inibitórios frente a *E. coli* e *C. albicans* em nenhuma das concentrações avaliadas, indicando ausência de atividade antimicrobiana. Os controles positivos (ciprofloxacino ≈ 44,6 mm; sulfametoxazol ≈ 15 mm) validaram o ensaio, enquanto o controle negativo (DMSO) não apresentou atividade. Paralelamente, nos ensaios com o extrato obtido por ultrassom (HU), não foi observada atividade antimicrobiana frente às três espécies testadas, em nenhuma das concentrações. Os gráficos confirmam a ausência de halos e de significância estatística (ns), sugerindo que o método de ultrassom com hexano não foi eficaz para extrair compostos antimicrobianos. Ainda assim, os controles positivos apresentaram halos esperados (ciprofloxacino ≈ 49 mm; sulfametoxazol ≈ 15 mm), assegurando a viabilidade do ensaio.

O extrato hexânico obtido pelo método Soxhlet (HS) apresentou atividade frente a *E. coli*, com halos entre 8,06 e 12,12 mm ($p < 0,0001$) (Figura 3), mas não inibiu *P. aeruginosa* nem *C. albicans*. Assim, os resultados não permitem afirmar seletividade geral para bactérias Gram-negativas, uma vez que *P. aeruginosa* também pertence a esse grupo e não apresentou sensibilidade ao extrato. A atividade observada em *E. coli* deve ser interpretada como resposta específica da cepa e do extrato HS nas condições testadas, possivelmente relacionada à composição de metabólitos lipofílicos extraídos pelo hexano sob aquecimento contínuo. A ausência de atividade frente a *P. aeruginosa* pode estar associada a fatores intrínsecos desse microrganismo, como menor permeabilidade da membrana externa, bombas de efluxo e maior capacidade adaptativa a compostos antimicrobianos. Em estudo com *Vismia baccifera* var. *dealbata* Triana & Planch., o extrato etanólico das folhas obtido por Soxhlet inibiu *Staphylococcus aureus* e *Enterococcus faecalis*, compostos isolados (sesamina e friedelina) foram ativos frente a *P. aeruginosa*, e não houve atividade contra *E. coli* e *Klebsiella pneumoniae* [19]. Esse perfil é distinto do observado no presente estudo, em que o extrato hexânico obtido por Soxhlet inibiu *E. coli*, reforçando que a resposta antimicrobiana depende da espécie vegetal, da composição química do extrato e do microrganismo avaliado. Os controles utilizados validaram o ensaio, com inibição pelo ciprofloxacino (aproximadamente 44,6 mm) e sulfametoxazol (aproximadamente 18,3 mm), enquanto o DMSO permaneceu sem formação de halo.

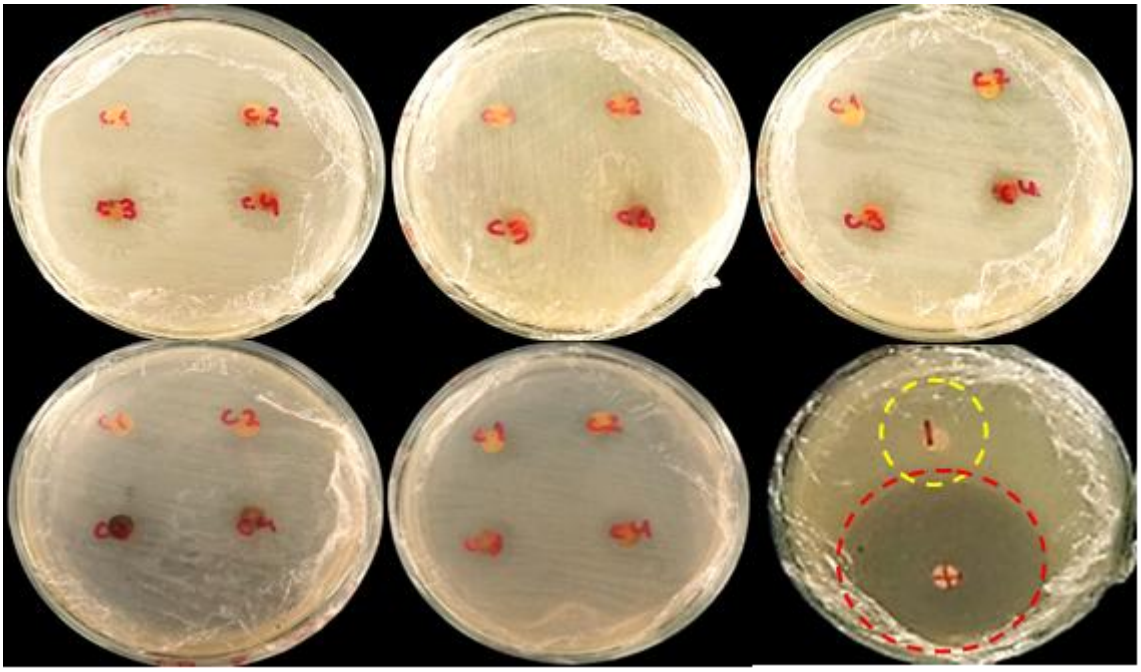


Figura 3. Teste antimicrobiano com extrato foliar hexânico obtido pelo método Soxhlet (HS) após 72 horas em placas com cultura de Escherichia coli. Controle positivo com ciprofloxacino, halo 44,6 mm (círculo vermelho), e controle negativo com DMSO (círculo amarelo).

A Figura 4 apresenta os resultados dos extratos etanólicos obtidos pelos métodos estático, ultrassom e Soxhlet frente às cepas testadas, permitindo comparar o efeito do solvente etanol com os extratos hexânicos apresentados anteriormente.

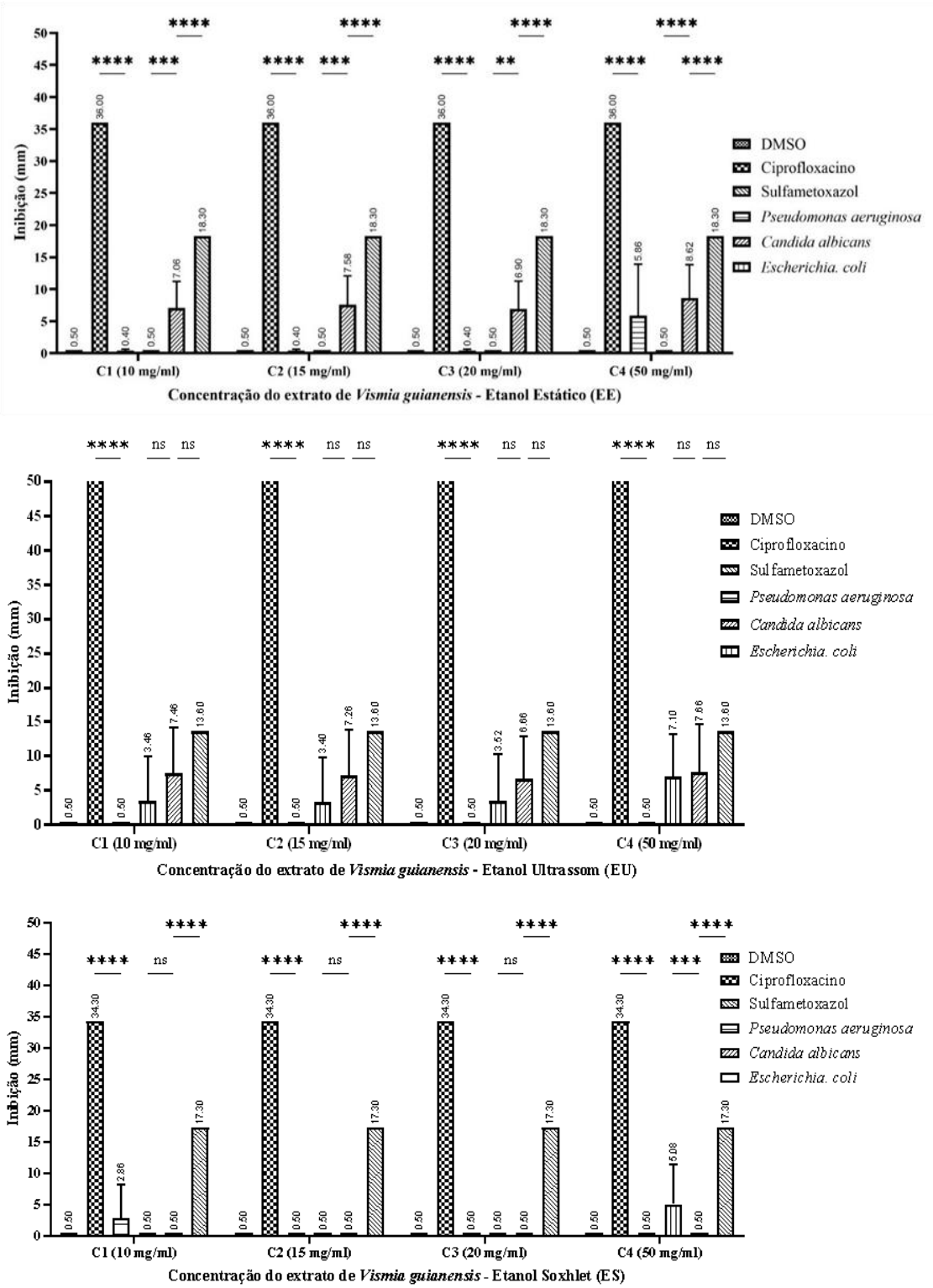


Figura 4. Avaliação da atividade dos extratos etanólicos de Vismia guianensis pelos métodos estático, ultrassom e Soxhlet frente a Escherichia coli, Pseudomonas aeruginosa e Candida albicans em quatro concentrações (10–50 mg/mL).

De modo geral, o método estático (HE) demonstrou ação inicial frente a *P. aeruginosa*, embora limitada pelo crescimento posterior; o método por ultrassom com hexano (HU) foi ineficaz; e o método Soxhlet com hexano (HS) se destacou frente a *E. coli*. Essas diferenças sugerem que o tipo de solvente, a temperatura, o tempo de contato e o perfil de polaridade dos metabólitos extraídos influenciam diretamente a composição química e, consequentemente, a atividade antimicrobiana. Portanto, a interpretação dos resultados deve considerar a interação entre método extrativo, solvente e suscetibilidade particular de cada microrganismo, evitando generalizações quanto à seletividade por grupos bacterianos.

Diferentemente do extrato hexânico obtido por ultrassom (HU), que não formou halos frente a *nenhum dos microrganismos,* o extrato etanólico obtido pelo mesmo método (EU) produziu halos em *E. coli* e *C. albicans* (Figuras 5A e 5B), embora sem significância estatística. Esse comportamento sugere que compostos de maior polaridade, favorecidos pelo etanol, podem contribuir para a atividade observada. Entre esses compostos, destacam-se fenólicos e flavonoides, já descritos para *V. guianensis* e associados a efeitos antimicrobianos e antioxidantes [20, 21]. Nunes et al. (2025) [22], com métodos de extração semelhantes aplicados a folhas de *Carapa guianensis*, observaram halos frente a *E. coli* com os extratos etanólicos obtidos por maceração estática e por Soxhlet, mas não com o extrato etanólico obtido por ultrassom, além de crescimento bacteriano sobre os halos ao longo das leituras. Por se tratar de outra espécie vegetal, essa comparação serve apenas para reforçar que o solvente e o método de extração modulam a atividade antimicrobiana; o crescimento tardio sobre os halos também se assemelha ao observado neste estudo para o HE frente a *P. aeruginosa*.

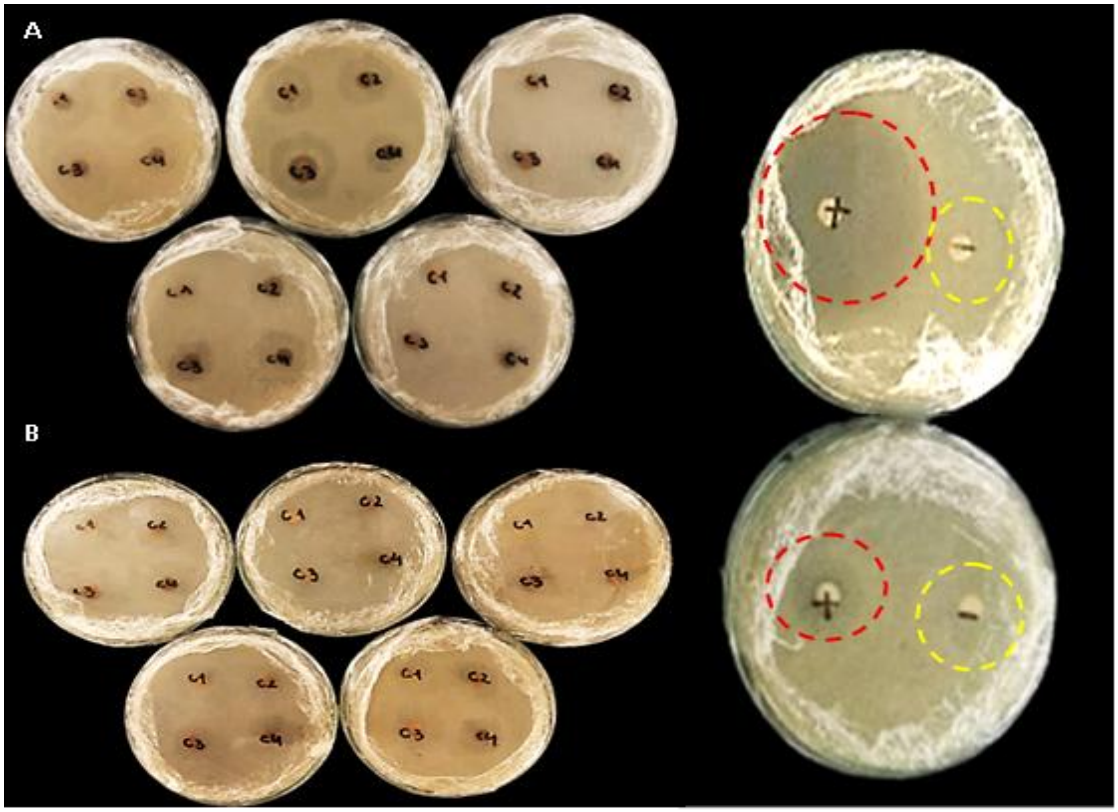


Figura 5. Teste antimicrobiano com extrato foliar etanólico obtido pelo método ultrassom (EU) após 72 horas. A) placas com cultura de Escherichia coli, controle positivo com ciprofloxacino (halo ~47,6 mm) e controle negativo com DMSO (ausência de halos); B) placas com cultura de Candida albicans, controle positivo com sulfametoxazol, halo ~13,6 mm (círculo vermelho), e controle negativo com DMSO (círculo amarelo).

Nesse sentido, a inibição de *C. albicans* pelos extratos etanólicos pode estar relacionada à presença de compostos fenólicos, flavonoides, antraquinonas e derivados relacionados, descritos

para *V. guianensis* e outras espécies do gênero [8, 20, 21]. Rodrigues et al. (2024) [23] relataram, por microdiluição, atividade antifúngica dos extratos metanólico e etanólico das folhas de *V. guianensis* (CIM de 410 µg/mL frente a *C. albicans*), também ativos contra *Malassezia furfur* e *Trichophyton rubrum*, enquanto Camelo et al. (2011) [20] observaram, por difusão em ágar, que o extrato etanólico das folhas inibiu *C. albicans*, *C. krusei* e *C. parapsilosis*, além de bactérias Gram-positivas, e identificaram benzofenonas, xantonas e antraquinonas em suas frações. Esses achados reforçam a relevância de solventes polares na recuperação de metabólitos com potencial antifúngico, embora a atribuição da atividade a uma substância específica dependa de isolamento químico e confirmação por técnicas analíticas complementares.

O extrato etanólico obtido pelo método estático (EE) promoveu inibição não significativa em *P. aeruginosa*; entretanto, apresentou halos relevantes e estatisticamente significativos frente a *C. albicans* (Figura 6).

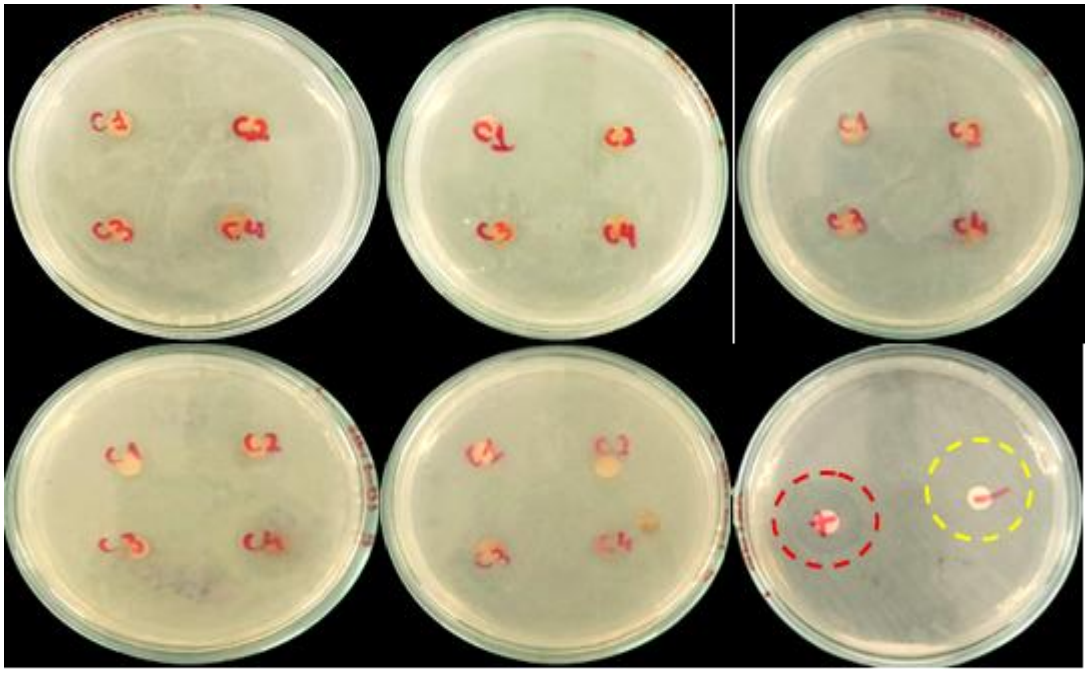


Figura 6. Placas com cultura de Candida albicans após 72 horas em contato com o extrato etanólico estático (EE), evidenciando controle positivo com sulfametoxazol, halo 18,3 mm (círculo vermelho), e controle negativo com DMSO (círculo amarelo).

As substâncias antifúngicas de origem vegetal podem atuar por diferentes mecanismos, e há evidências disso para a própria *V. guianensis*. Os óleos essenciais de folhas de plantas medicinais brasileiras, incluindo o de *V. guianensis*, rico em óxido de cariofileno e epóxido de humuleno II, foram fungicidas frente a espécies de *Candida* (CIM de 0,625 a 1,25 µL/mL), e os mecanismos propostos para óleos essenciais incluem ruptura da membrana celular, bloqueio da síntese de membrana e comprometimento da respiração celular [24]. Já o extrato hidroetanólico das folhas foi fungicida frente a *C. albicans* e *N. glabratus*, reduziu a adesão e a formação de biofilme, e análises de docking molecular sugeriram que a vismiona D inibe a enzima CaCYP51, envolvida na síntese de ergosterol [21]. Dessa forma, os componentes presentes nos extratos etanólicos de *V. guianensis* podem ter contribuído para a redução do crescimento de *C. albicans* por mecanismos múltiplos, característica comum em matrizes fitoquímicas complexas.

Karunathilaka et al. (2016) [15] demonstraram que extratos hexânicos, clorofórmicos e metanólicos de diferentes partes de *Acronychia pedunculata* apresentaram perfis distintos de atividade frente a bactérias Gram-positivas, sem atividade frente a *E. coli* e *P. aeruginosa*, evidenciando que o solvente e a parte vegetal influenciam a resposta biológica do extrato. No presente estudo, essa tendência foi observada pela diferença entre extratos hexânicos e etanólicos: enquanto o HS apresentou atividade frente a *E. coli*, o EE se destacou frente a *C. albicans*. Essa

variação reforça que a atividade antimicrobiana não deve ser atribuída apenas ao método de extração, mas também à afinidade química entre solvente e metabólitos presentes nas folhas de *V. guianensis*.

Os valores de $p < 0,0001$ observados para HE frente *a P. aeruginosa*, EE frente a *C. albicans* e HS frente a *E. coli* indicam diferença estatisticamente significativa em relação aos controles, sugerindo efeito antimicrobiano reprodutível nas condições experimentais adotadas. Por outro lado, os halos observados para EU frente a *E. coli* e *C. albicans* não apresentaram significância estatística, indicando que esses resultados devem ser interpretados com cautela e confirmados por ensaios quantitativos adicionais, como microdiluição para determinação de concentração inibitória mínima (CIM).

3.3 Cromatografia em camada delgada

A cromatografia em camada delgada (CCD) foi realizada para os extratos que exibiram os resultados antimicrobianos mais satisfatórios: extratos etanólicos obtidos por ultrassom (EU) e pelo método estático (EE), além do extrato hexânico obtido por Soxhlet (HS). As placas foram avaliadas sob luz UV 366 nm, luz negra e revelação com solução etanólica de KOH 10% (Figura 7).

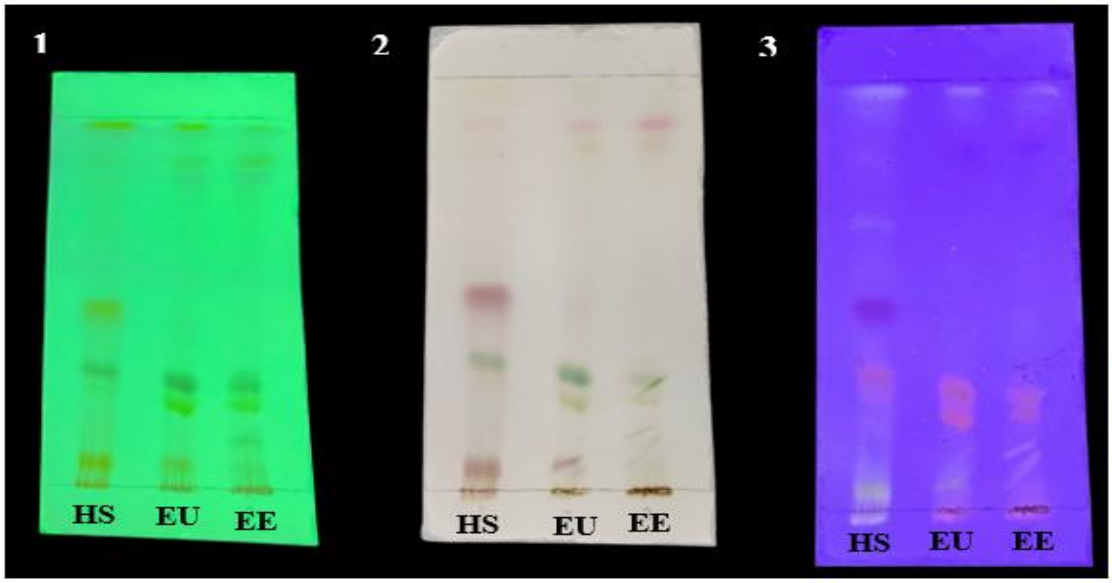


Figura 7. Cromatografia em camada delgada (CCD) de extratos de Vismia guianensis obtidos pelos métodos Soxhlet (HS), ultrassom (EU) e estático (EE). Revelações: 1) luz UV 366 nm; 2) KOH 10%; 3) luz negra.

Observa-se na Figura 7 que as diferentes formas de revelação por CCD permitiram detectar múltiplas manchas nos extratos HS, EU e EE, indicando composição fitoquímica heterogênea. Para facilitar a visualização dos dados, os fatores de retenção (Rf) foram organizados na Tabela 2, juntamente com classes ou substâncias presumíveis descritas para *V. guianensis* ou para o gênero *Vismia*. Ressalta-se que a identificação com base em Rf é apenas sugestiva, pois os valores dependem da fase estacionária, da fase móvel, da concentração da amostra e das condições de revelação. Assim, a confirmação estrutural requer técnicas complementares, como HPLC-DAD, LC-MS/MS ou RMN.

Tabela 2. Fatores de retenção (Rf) observados por CCD e possíveis classes/substâncias relacionadas aos extratos de Vismia guianensis.

Extrato	Rf observado	Classe/substância presumível	Indicação biológica	Referência
HS	0,062; 0,175; 0,225	Fenólicos polares ou derivados oxigenados	Potencial antioxidante/antimicrobiano	[21]
EE/EU	0,125; 0,162	Catequinas, epicatequinas ou flavonoides polares	Atividade antioxidante e possível ação antimicrobiana	[17, 21]
HS/EU/EE	0,475	Flavonoides, xantonas ou benzofenonas de polaridade intermediária	Atividade antioxidante e modulação microbiana	[20, 21]
EU/EE	0,850	Antraquinonas, vismionas ou quinonas menos polares	Atividade antimicrobiana, antifúngica e antioxidante	[8, 21]
HS/EU/EE	0,875	Antraquinonas, como vismiaquinona A ou fisciona	Atividade antimicrobiana, antifúngica e antiprotozoária	[6, 16]
HS/EU/EE	0,987	Terpenoides ou compostos apolares	Possível interação com membranas microbianas	[8, 9]

A identificação é presumível e deve ser confirmada por técnicas cromatográficas e espectrométricas complementares.

As antraquinonas, uma das principais classes de metabólitos das espécies de Vismieae [8], apresentam grupos carbonílicos conjugados e substituintes hidroxilados que podem responder à reação de Bornträger, expressando coloração rosa, vermelha ou violeta após revelação alcalina com KOH 10%, sendo a intensidade da coloração influenciada pela concentração e pelo padrão de substituição da molécula. Nas folhas de *V. guianensis*, a vismiaquinona A e a fisciona foram identificadas como antraquinonas majoritárias [6, 16], e o crisofanol foi isolado de outra espécie do gênero, *V. sandwithii* [6]. A presença de bandas com Rf 0,850–0,875, associada à coloração observada após KOH, sugere a ocorrência de compostos dessa classe nos extratos avaliados.

Motta et al. (2022) [21] identificaram no extrato hidroetanólico das folhas de *V. guianensis* antraquinonas, catequinas, epicatequinas, kaempferol, quercetina, vitexina e vismiona D. Esses metabólitos apresentam relevância biológica porque compostos fenólicos e flavonoides podem atuar como sequestradores de radicais livres e moduladores de membranas microbianas, enquanto quinonas e antraquinonas podem interferir em processos redox e em estruturas celulares. Assim, a atividade antimicrobiana e antioxidante observada no presente estudo provavelmente resulta da ação conjunta de diferentes metabólitos, e não de uma única substância. Essa interpretação é coerente com a complexidade fitoquímica indicada pelas múltiplas manchas cromatográficas na Figura 7 e na Tabela 2.

3.4 Ensaio antioxidante

No ensaio antioxidante em CCD pelo DPPH, todos os extratos testados apresentaram halos amarelos sobre o fundo roxo do reagente, indicando atividade antioxidante qualitativa (Figura 8). O DPPH é um radical estável que sofre redução na presença de substâncias doadoras de elétrons ou hidrogênio; por isso, o clareamento/amarelecimento da região aplicada na placa sugere capacidade de sequestro de radicais livres. Os extratos etanólicos EE e EU exibiram halos visualmente mais intensos que o controle positivo (ácido ascórbico), enquanto o HS apresentou menor intensidade. Os controles negativos (hexano e etanol) não apresentaram coloração, confirmando que o efeito observado está associado aos constituintes dos extratos.

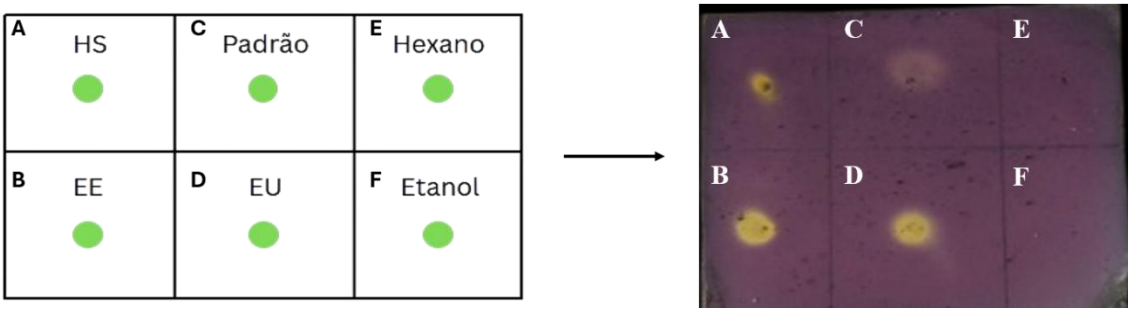


Figura 8. Ensaio antioxidante em CCD pelo método DPPH. A) HS; B) EE; C) padrão – ácido ascórbico (controle positivo); D) EU; E) hexano (controle negativo); F) etanol (controle negativo).

A maior intensidade dos halos nos extratos etanólicos sugere maior concentração relativa de compostos capazes de reduzir o DPPH, possivelmente fenólicos, flavonoides, catequinas, epicatequinas e antraquinonas, classes já relatadas para *V. guianensis* [21]. Esse resultado é coerente com a maior afinidade do etanol por compostos de maior polaridade e com os maiores rendimentos observados para os extratos etanólicos. A intensidade dos halos, visualmente superior à do controle positivo no ensaio qualitativo, sugere potencial antioxidante dos extratos EE e EU; entretanto, essa interpretação deve ser confirmada por ensaios quantitativos, como DPPH espectrofotométrico com determinação de IC50, ABTS, FRAP e quantificação de fenólicos totais. A relevância desses achados está no fato de que compostos antioxidantes podem atuar na neutralização de espécies reativas de oxigênio e contribuir para aplicações farmacológicas, cosméticas ou biotecnológicas, especialmente quando associados a atividade antimicrobiana.

Algumas limitações deste estudo devem ser consideradas. A atividade antimicrobiana foi avaliada apenas por disco-difusão, método de triagem cuja resposta depende da difusão dos constituintes no ágar e que pode subestimar a atividade de compostos lipofílicos; além disso, não foram determinadas a concentração inibitória mínima (CIM) nem as concentrações bactericida e fungicida mínimas, necessárias para quantificar a potência dos extratos e distinguir efeitos inibitórios de efeitos letais. A caracterização fitoquímica por CCD, baseada em valores de Rf e em reveladores de uso geral, permite apenas a atribuição presumível de classes de metabólitos, e o ensaio antioxidante com DPPH em CCD foi avaliado visualmente, sem quantificação. Assim, os resultados devem ser interpretados como uma triagem que indica o potencial bioativo dos extratos foliares de *V. guianensis* e orienta estudos posteriores com microdiluição, ensaios antioxidantes quantitativos e identificação estrutural dos constituintes.

4. CONCLUSÃO

Os extratos foliares de *Vismia guianensis* indicaram potencial bioativo, com atividade antimicrobiana dependente do solvente, do método de extração e do microrganismo avaliado. O extrato etanólico estático destacou-se frente a *C. albicans*, enquanto o extrato hexânico obtido por Soxhlet apresentou melhor desempenho frente a *E. coli*, e o extrato hexânico estático apresentou ação inicial, possivelmente bacteriostática, frente a *P. aeruginosa*. A CCD indicou diversidade fitoquímica, com presença presumível de antraquinonas, flavonoides e outros compostos fenólicos, e o ensaio com DPPH indicou potencial antioxidante, especialmente nos extratos etanólicos. Em conjunto, os resultados sugerem *V. guianensis* como fonte promissora de metabólitos secundários com interesse antimicrobiano e antioxidante. Como perspectivas futuras, recomenda-se realizar fracionamento bioguiado, identificação estrutural por HPLC/LC-MS/MS/RMN, determinação de CIM/CFM, avaliação de toxicidade e estudos de mecanismo de ação, a fim de validar a aplicabilidade farmacológica e biotecnológica dos extratos.

5. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio das agências de fomento Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001 e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM). Agradecimentos também são dirigidos à Universidade Federal do Amazonas – UFAM, ao Programa de Pós-Graduação em Biologia da Interação Patógeno-Hospedeiro (PPGBio - Interação) do Instituto Leônidas e Maria Deane - ILMD/Fiocruz Amazônia, em parceria com a Coleção de Fungos da Amazônia (CFAM) - ILMD/Fiocruz Amazônia.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Salam MA, Al-Amin MY, Salam MT, Pawar JS, Akhter N, Rabaan AA, et al. Antimicrobial resistance: a growing serious threat for global public health. Healthcare (Basel). 2023;11(13):1946. doi: 10.3390/healthcare11131946
2. Baran A, Kwiatkowska A, Potocki L. Antibiotics and bacterial resistance—a short story of an endless arms race. Int J Mol Sci. 2023;24(6):5777. doi: 10.3390/ijms24065777
3. Ahmed SK, Hussein S, Qurbani K, Ibrahim RH, Fareeq A, Mahmood KA, et al. Antimicrobial resistance: impacts, challenges, and future prospects. J Med Surg Public Health. 2024;2:100081. doi: 10.1016/j.glmedi.2024.100081
4. Plants of the World Online (POWO). *Vismia* Vand. [Internet]. Royal Botanic Gardens, Kew; 2026 [acesso em 20 out 2026]. Disponível em: https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:19867-1.
5. Martins MV, Shimizu GH, Bittrich V. Flora da Reserva Ducke, Estado do Amazonas, Brasil: Hypericaceae. Hoehnea. 2018;45(3):361-71. doi: 10.1590/2236-8906-13/2018
6. Diel KAP, Santana Filho PC, Silveira PP, Ribeiro RL, Teixeira PC, Rodrigues Júnior LC, et al. Antiprotozoal potential of Vismia species (Hypericaceae), medicinal plants used to fight cutaneous leishmaniasis. J Ethnopharmacol. 2024;328:118028. doi: 10.1016/j.jep.2024.118028
7. Roumy V, Ruiz Macedo JC, Bonneau N, Samaillie J, Azaroual N, Arévalo Encinas L, et al. Plant therapy in the Peruvian Amazon (Loreto) in case of infectious diseases and its antimicrobial evaluation. J Ethnopharmacol. 2020;249:112411. doi: 10.1016/j.jep.2019.112411
8. Diel KAP, Meirelles GC, Bridi H, von Poser GL. Drawing a parallel between phytochemistry and other features of Vismieae species. Phytochem Rev. 2021;20(6):1109-59. doi: 10.1007/s11101-021-09740-w
9. Vizcaya M, Morales A, Rojas J, Nuñez R. Revisión bibliográfica sobre la composición química y actividades farmacológicas del género Vismia (Guttiferae). Bol Latinoam Caribe Plant Med Aromat. 2012;11(1):12-34.
10. Staszowska-Karkut M, Materska M. Phenolic composition, mineral content, and beneficial bioactivities of leaf extracts from black currant (*Ribes nigrum* L.), raspberry (*Rubus idaeus*), and aronia (*Aronia melanocarpa*). Nutrients. 2020;12(2):463. doi: 10.3390/nu12020463
11. Wink M. Modes of action of herbal medicines and plant secondary metabolites. Medicines (Basel). 2015;2(3):251-86. doi: 10.3390/medicines2030251
12. Vaou N, Stavropoulou E, Voidarou C, Tsigalou C, Bezirtzoglou E. Towards advances in medicinal plant antimicrobial activity: a review study on challenges and future perspectives. Microorganisms. 2021;9(10):2041. doi: 10.3390/microorganisms9102041
13. Aluko E. Ethanol-based extraction of annatto (*Bixa orellana* L.) and characterization of the bixin and norbixin. ACS Omega. 2024;9(16):18273-7. doi: 10.1021/acsomega.3c10120
14. Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI). Method for antifungal disk diffusion susceptibility testing of yeasts. 3rd ed. CLSI guideline M44. Wayne (PA): CLSI; 2018.
15. Karunathilaka RDN, Silva ARN, Ranaweera CB, Dissanayake DMRK, Nelumdeniya NRM, Pathirana R, et al. In vitro antibacterial activity of hexane, chloroform and methanolic extracts of different parts of *Acronychia pedunculata* grown in Sri Lanka. Int J Adv Res. 2016;4(8):1574-9. doi: 10.21474/IJAR01/1364
16. Diel KAP, Siqueira LM, Silveira PP, Labes JM, Koetz M, Marinho LC, et al. Sustainable extraction of bioactive compounds from *Vismia guianensis* based on the principles of green chemistry. J Supercrit Fluids. 2025;221:106562. doi: 10.1016/j.supflu.2025.106562
17. Medina-Torres N, Ayora-Talavera T, Espinosa-Andrews H, Sánchez-Contreras A, Pacheco N. Ultrasound assisted extraction for the recovery of phenolic compounds from vegetable sources. Agronomy. 2017;7(3):47. doi: 10.3390/agronomy7030047

18. Kuete V, Nguemeving JR, Beng VP, Azebaze AGB, Etoa FX, Meyer M, et al. Antimicrobial activity of the methanolic extracts and compounds from *Vismia laurentii* De Wild (Guttiferae). J Ethnopharmacol. 2007;109(3):372-9. doi: 10.1016/j.jep.2006.07.044
19. Salas F, Velasco J, Rojas J, Morales A. Antibacterial activity of the crude extract and constituents of *Vismia baccifera* var. *dealbata* (Guttiferae) collected in Venezuela. Nat Prod Commun. 2007;2(2):185-8. doi: 10.1177/1934578X0700200216
20. Camelo SRP, Costa RS, Ribeiro-Costa RM, Barbosa WLR, Vasconcelos F, Vieira JMS, et al. Phytochemical evaluation and antimicrobial activity of ethanolic extract of *Vismia guianensis* (Aubl.) Choisy. Int J Pharm Sci Res. 2011;2(12):3224-9. doi: 10.13040/IJPSR.0975-8232.2(12).3224-29
21. Motta EP, Farias JR, Costa AAC, Silva AF, Lopes AJO, Cartágenes MSS, et al. The anti-virulence effect of *Vismia guianensis* against *Candida albicans* and *Candida glabrata*. Antibiotics (Basel). 2022;11(12):1834. doi: 10.3390/antibiotics11121834
22. Nunes RBB, Andrade GF, Farias MN, Evangelista YN, Oliveira IC, Gomes WR, et al. Ação antimicrobiana do extrato da folha e fruto da andiroba (*Carapa guianensis* L.). Lumen et Virtus. 2025;16(46):2526-39. doi: 10.56238/levv16n46-064
23. Rodrigues IC, Alves PP, Chaves FCM, Kluczkovski A, Cortez ACA, Souza JVB, et al. Investigation of antifungal activity from *Vismia guianensis* (Aubl.) standardized extract. Concilium. 2024;24(14):565-78. doi: 10.53660/CLM-3811-23P55
24. Costa MCMF, Silva AG, Silva APS, Lima VLM, Bezerra-Silva PC, Rocha SKL, et al. Essential oils from leaves of medicinal plants of Brazilian flora: chemical composition and activity against *Candida* species. Medicines *(Basel)*. 2017;4(2):27. doi: 10.3390/medicines4020027