



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO-UFMA
LICENCIATURA INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIAS NATURAIS/QUÍMICA
CAMPUS DE GRAJAÚ

ANTONIO RONALD DAMACENA ALVES

**TRIAGEM FITOQUÍMICA E AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIBACTERIANA
DOS EXTRATOS DAS CASCAS E ENTRECASCAS DE *Plathymenia reticulata* Benth.
(Fabaceae)**

Grajaú/MA
2025

ANTONIO RONALD DAMACENA ALVES

**TRIAGEM FITOQUÍMICA E AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIBACTERIANA
DOS EXTRATOS DAS CASCAS E ENTRECASCAS DE *Plathymenia reticulata* Benth.
(Fabaceae)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao curso de Licenciatura Interdisciplinar em
Ciências Naturais-Química, da Universidade
Federal do Maranhão - Campus Grajaú, para a
obtenção do grau de Licenciado em Ciências
Naturais/Química.

Orientador: Prof. Dr. Jefferson Almeida Rocha

Grajaú/MA

2025

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Alves, Antonio Ronald Damacena.

Triagem fitoquímica e avaliação da atividade antibacteriana dos extratos das cascas e entrecascas de *Plathymenia reticulata* benth. fabaceae / Antonio Ronald Damacena Alves. - 2025.

41 f.

Orientador(a): Jefferson Almeida Rocha.

Monografia (Graduação) - Curso de Ciências Naturais - Química,
Universidade Federal do Maranhão, Grajaú, 2025.

1. *Plathymenia Reticulata*. 2. Extratos Vegetais. 3. Atividade Antibacteriana. 4. Triagem Fitoquímica. I. Rocha, Jefferson Almeida. II. Título.

ANTÔNIO RONALD DAMACENA ALVES

**TRIAGEM FITOQUÍMICA E AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIBACTERIANA
DOS EXTRATOS DAS CASCAS E ENTRECASCAS DE *Plathymenia reticulata* Benth.
(Fabaceae)**

Monografia apresentada ao curso de Licenciatura Interdisciplinar em Ciências Naturais/Química, da Universidade Federal do Maranhão - Campus de Grajaú, para a obtenção do título de Licenciado em Ciências Naturais/Química.

Aprovado em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Jefferson Almeida Rocha (Orientador).

Universidade Federal do Maranhão – UFMA

E-mail: jeffersonbiotec@gmail.com

ME. Angelo Afonso Ferreira Sousa.

Universidade Federal do Maranhão - UFMA.

E-mail: angelo.afonso.s@gmail.com

Me. Cleiane Dias Lima (Membro 1)

Universidade Federal do Delta do Parnaíba – UFDPAr

diaslima.cleiane@gmail.com

AGRADECIMENTOS

A Deus, fonte de força e sabedoria, minha eterna gratidão por me conduzir com luz e proteção em cada passo desta caminhada.

À Universidade Federal do Maranhão, agradeço pela oportunidade de fazer parte de uma instituição comprometida com o ensino de qualidade e pela rica experiência acadêmica vivida ao longo desses anos.

Ao meu orientador, Professor Dr. Jefferson Almeida Rocha, registro minha profunda gratidão pela orientação dedicada, pela paciência constante, pelos conselhos valiosos e, sobretudo, pela amizade sincera que tornou minha trajetória mais leve e inspiradora.

À Professora e Técnica Gleidiany da Costa Moreira, sou grato pelo apoio indispensável na realização deste trabalho e por sua presença marcante em minha vida acadêmica e pessoal. Da mesma forma, agradeço ao Técnico Ângelo Afonso pela colaboração prestativa durante o desenvolvimento desta pesquisa.

Aos professores do curso de Licenciatura em Ciências Naturais, meu reconhecimento pelos ensinamentos que levarei para além da sala de aula. Em especial, deixo meu agradecimento à Professora Rosana Mendes Privado, ao Dr. Ulisses Alves do Rego, ao Dr. Aluísio, à Me. Daniely Gaspar e ao Me. Adriano Kid Azambuja, por contribuírem significativamente com minha formação.

Aos colegas de curso, que se tornaram verdadeiros amigos, agradeço pela parceria, apoio e convivência ao longo desta jornada.

À minha mãe, Neurilene Ribeiro Barbosa, e ao meu pai, Regivan Barbosa Alves, agradeço com todo o amor e respeito pelo apoio incondicional, pelos ensinamentos e por acreditarem em mim em todos os momentos.

À minha amada avó, Josina Alves da Silva, carinhosamente conhecida como Duzinha, minha eterna gratidão pelo amor, pela sabedoria e pelo exemplo de força que sempre me inspiraram.

Aos meus amigos Sara Cardias Portos, Bruno, Lourisvan e Marcelo, sou grato pela amizade sincera, pelas palavras de incentivo e pelo companheirismo constante, que fizeram toda diferença ao longo dessa caminhada.

À Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA), meu agradecimento pelo apoio concedido ao laboratório e às atividades de pesquisa.

Ao NAE e à PROAES, deixo registrada minha gratidão pelo suporte psicológico e financeiro, em especial à assistente social Andréia Lemos, pelo carinho, escuta atenta e dedicação constantes.

RESUMO

O reino vegetal representa uma fonte abundante de substâncias bioativas, especialmente os metabólitos secundários, que apresentam alto valor agregado devido às suas amplas possibilidades de aplicação nos setores industrial, farmacológico e medicinal. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo principal avaliar, por meio de análises laboratoriais, a eficácia e o potencial antibacteriano dos extratos obtidos da planta *Plathymenia reticulata* Benth. (Fabaceae). Para isso, foram realizadas as seguintes etapas: identificação botânica do material, preparação dos extratos fracionados de diferentes partes da planta, avaliação da atividade antibacteriana *in vitro* e prospecção científica e tecnológica da espécie. As amostras de *P. reticulata* foram coletadas no município de Grajaú, Maranhão, localizado a aproximadamente 580 km da capital São Luís. Os extratos foram preparados a partir das cascas e entrecascas da planta, utilizando solventes como etanol (EES), e água (EA). Esses extratos foram testados contra oito cepas bacterianas: *Staphylococcus aureus* ATCC 25123; *S. aureus* ATCC 43300; *Escherichia coli* ATCC 35218; *Escherichia coli* ATCC 25922; *Enterococcus faecalis* ATCC 29212; *Staphylococcus epidermidis* ATCC 12228; *Salmonella* e *Stenotrophomonas maltophilia*. A triagem fitoquímica revelou a presença de importantes metabólitos secundários, como saponinas, alcaloides, taninos e açúcares redutores. A atividade antibacteriana foi avaliada por meio dos ensaios de Concentração Inibitória Mínima (CIM) e halo de inibição. Os resultados indicaram que os extratos apresentaram boa eficácia frente às bactérias Gram-positivas (*S. aureus*, *E. faecalis* e *S. epidermidis*), com valores de CIM de 125 µg/mL. Também foi observada atividade moderada contra bactérias Gram-negativas, como *E. coli*, *Salmonella* spp. e *Stenotrophomonas maltophilia*. A prospecção científica e tecnológica revelou que, apesar da ampla distribuição da espécie no território brasileiro e do seu uso na medicina popular, ainda são escassos os estudos científicos sobre *Plathymenia reticulata* Benth. (Fabaceae), especialmente quanto à sua composição química e potencial terapêutico. Diante disso, os resultados obtidos neste estudo reforçam o uso tradicional da espécie e destacam seu potencial como fonte de novos agentes antibacterianos de origem vegetal.

Palavras-chave: *Plathymenia reticulata*; extratos vegetais; metabólitos secundários; atividade antibacteriana; triagem fitoquímica

ABSTRACT

This study aimed to perform a phytochemical screening and evaluate the antibacterial potential of extracts from the bark and inner bark of *Plathymenia reticulata* Benth. (Fabaceae), a native species of the Brazilian Cerrado widely used in traditional medicine. The extracts were prepared using ethanol, methanol, and water as solvents and were tested in vitro against six bacterial strains: *Staphylococcus aureus* ATCC 25123, *S. aureus* ATCC 43300, *Enterococcus faecalis* ATCC 29212, *Staphylococcus epidermidis* ATCC 12228, *Escherichia coli* ATCC 35218, and *E. coli* ATCC 25922. Phytochemical screening revealed the presence of important secondary metabolites, such as saponins, alkaloids, tannins, and reducing sugars. Antibacterial activity was determined by Minimum Inhibitory Concentration (MIC) and inhibition zone assays. The extracts demonstrated significant activity against Gram-positive bacteria, particularly *S. aureus*, *E. faecalis*, and *S. epidermidis* (MIC = 125 µg/mL), and moderate activity against Gram-negative strains. These results support the ethnopharmacological use of *P. reticulata* and highlight its potential for the development of new plant-derived antibacterial agents.

Keywords: *Plathymenia reticulata*. Plant extracts. Antibacterial activity. Phytochemical screening. Secondary metabolites.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mecanismo de ação dos taninos sobre bactérias	14
Figura 2 – Exemplo da folha da <i>Plathymenia reticulata</i> Benth.	18

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Compostos identificados na triagem fitoquímica	31
Tabela 2 – Resultados da Concentração Inibitória Mínima (CIM)	32
Tabela 3 – Diâmetro das zonas de inibição por difusão em ágar	34

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

MS	Ministério da Saúde
CCD	Cromatografia em Camada Delgada
WHO	World Health Organization
INPI	Instituto Nacional da Propriedade Industrial
USPTO	United States Patent and Trademark Office
EPO	European Patent Office
DII	Derwent Innovations Index
DMSO	Dimetilsulfóxido
HEPES	Tampão [ácido N- (2- hidroxietil) piperazina – N - (2 – etanosulfônico)]
RPMI 1640	Meio de cultivo “Roswell Memorial Park Institute”
NaOH	Hidróxido de sódio
HNO₃	Ácido nítrico
KI	Iodeto de potássio
HCl	Cloreto de hidrogênio
TPP	Plastic Techno Produtos
SCIELO	Scientific Electronic Library Online
BIREME	Centro Latino-Americano e do Caribe de Informação em Ciências da Saúde
PUBMED	Biblioteca Nacional de Medicina dos Estados Unidos
PCE	Programa de Controle da Esquistossomose

LISTA DE SÍMBOLOS

abs	Absorbância	
mg	Miligrama	
cm	Centímetro	
fig	Figura	
mg/ml	Miligrama por mililitro	
mm	Milímetro	
nm	Nanômetro	
µg	Micrograma	
µg /ml	Micrograma por mililitro	µl Microlitro

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
2.1 Resistência bacteriana.....	15
2.2 Plantas medicinais e metabólitos secundários	16
2.3 <i>Plathymania reticulata</i> Benth. (FABACEAE).....	17
3 OBJETIVOS.....	20
3.1 Objetivo Geral	20
3.2 Objetivos Específicos	20
4 METODOLOGIA.....	21
4.1 Prospecção Científica e Tecnológica.....	21
4.2 Triagem Fitoquímica	21
4.2.1 Saponinas espumílicas	22
4.2.3 Alcaloides	22
4.2.4 Açúcares redutores	22
4.2.5 Polissacarídeos	23
4.2.6 Taninos	23
4.2.7 Flavonoides.....	23
4.2.8 Esteroides e Triterpenoides	23
4.2.9 Ácidos orgânicos	24
4.3 Coleta e Identificação do Material Botânico	24
4.4 Preparo do material vegetal <i>in natura</i>	24
4.5 Obtenção do extrato bruto	24
4.6.1 Linhagens bacterianas.....	25
4.6.2 Preparação do inóculo bacteriano.....	25

4.6.3 Determinação da concentração inibitória mínima (CIM).....	26
4.6.4 Método de difusão em ágar (MDA)	27
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
5.1 Prospecção Tecnológica	28
5.2 Triagem Fitoquímica	31
5.3 Avaliação da atividade antibacteriana	32
6 CONCLUSÃO.....	37
REFERÊNCIAS	38

1 INTRODUÇÃO

A resistência bacteriana tem se tornado um dos maiores desafios da saúde pública global, impulsionada pelo uso indiscriminado de antibióticos e pela rápida adaptação dos microrganismos aos agentes antimicrobianos. Segundo (Davies e Davies *et al.*, 2010), a resistência é um fenômeno evolutivo natural, porém acelerado pelas práticas humanas, resultando na ineficácia de tratamentos convencionais e no surgimento de superbactérias. O conceito pode ser analisado sob a ótica da interconectividade dos sistemas biológicos, um princípio abordado no livro *O Teórico de Tudo*, de (Stephen Hawking *et al.*, 2002), que discute a interdependência das forças fundamentais da natureza. Assim como na física, onde pequenas alterações podem gerar grandes impactos em um sistema, a seleção natural das bactérias frente a antibióticos promove mudanças significativas na microbiota global, afetando diretamente a saúde humana e ambiental.

O reino vegetal é uma fonte inesgotável de substâncias potencialmente ativas, dentre esse potencial encontra-se os metabólitos secundários, os quais possuem em sua maioria, grande valor agregado em virtude das diversas possibilidades de aplicação industrial, como alvos terapêuticos (fitoterápicos), além de cosméticos, perfumes, pigmentos, alimentos, resinas, agroquímicos etc., entretanto, esses metabólitos são, quase sempre, produzidos em quantidades insuficientes para qualquer utilidade econômica (Pinto *et al.*, 2003).

As plantas medicinais têm sido utilizadas desde os primórdios da civilização pelo ser humano na prevenção e/ou na cura de doenças, sendo este hábito culturalmente difundido de geração para geração (Lopes *et al.*, 2010; Santos *et al.*, 2012; Feijó *et al.*, 2012). A Terapêutica caracterizada pelo uso de plantas medicinais, em suas diferentes formas farmacêuticas, é chamada de fitoterapia sendo bastante utilizada de forma eficaz em atendimento primário a saúde, com finalidade preventiva ou curativa de patologias (Bettega *et al.*, 2011; Sousa *et al.*, 2011; Bruning *et al.*, 2012). Portanto, pesquisas na área de produtos naturais são de extrema importância para o fornecimento de substâncias úteis e para o desenvolvimento de novos medicamentos eficazes no tratamento de doenças humanas.

O valor dos produtos naturais das plantas medicinais para a sociedade e para a economia de um país é inestimável (Garcia, 1995). As florestas tropicais constituem um enorme reservatório de constituintes químicos, que podem ser explorados do ponto de vista econômico. Além disso, existem diversas substâncias orgânicas naturais, já isoladas e identificadas a partir de plantas da flora brasileira, que ainda não foram estudadas quanto às suas atividades

biológicas. Assim, o isolamento e a determinação estrutural de substâncias orgânicas produzidas pelo metabolismo secundário de plantas desempenham um papel fundamental para o desenvolvimento científico, especialmente da química de produtos naturais (Filho, 2010).

O metabolismo vegetal costuma ser dividido em primário e secundário. O metabolismo primário possui uma distribuição ampla no reino vegetal, e origina as substâncias que desempenham uma função essencial para a sobrevivência das espécies vegetais, como os aminoácidos, nucleotídeos, lipídios, carboidratos e clorofila. São compostos que estão envolvidos em processos fundamentais tais como a fotossíntese, respiração e transporte de solutos. Em contrapartida, o metabolismo secundário origina compostos que possuem uma distribuição restrita, sem uma função aparente, pois não são necessários para todas as plantas. No entanto, ele desempenha um papel importante na interação das plantas com o meio ambiente, pois atuam em mecanismos de defesa e reprodução do vegetal (Filho, 2010).

A savana brasileira, conhecida como "cerrado", é uma das áreas de maior diversidade biológica do Brasil. A (*P. reticulata*), popularmente conhecida como "vinhático", pertence à família das Leguminosae, fonte de madeira de grande qualidade. Também pode ser útil na restauração de áreas desmatadas, principalmente na região do cerrado, tornando-se uma espécie tropical economicamente importante (Lacerda *et al.*, 2002).

A *P. reticulata* pode ser potencialmente usado no tratamento de certas doenças inflamatórias, infecções, hemorragia e envenenamento por cobras (Pott e Pott, 1994 , Melo *et al.*, 2009 , Toledo *et al.*, 2011). A casca de *P. reticulata* é amplamente utilizada na medicina popular na forma de chá (decocção) ou medicação tópica para tratar picadas de cobra (principalmente por *Bothrops atrox*) em comunidades de Santarém, Pará (Moura *et al.*, 2015).

Por se tratar de uma espécie nativa brasileira, que apresenta ampla distribuição no cerrado brasileiro, principalmente no estado do Maranhão, e apesar de ter vários trabalhos mostrando seu uso na medicina popular, tem seu potencial biotecnológico pouco explorado do ponto de vista científico. Isso torna esta espécie um bom material de estudo, para a busca de novos medicamentos de produtos naturais brasileiros que são pouco explorados. Trabalhos relacionados à atividade antibacteriana, são muito importantes, pois, o aumento da resistência bacteriana a antibióticos existentes no mercado, que tem acarretado aumento das taxas de morbidade na população, tornando-se relevante e promissor avaliar a atividade antibacteriana de extratos de *Plathymenia reticulata benth* (Fabaceae).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

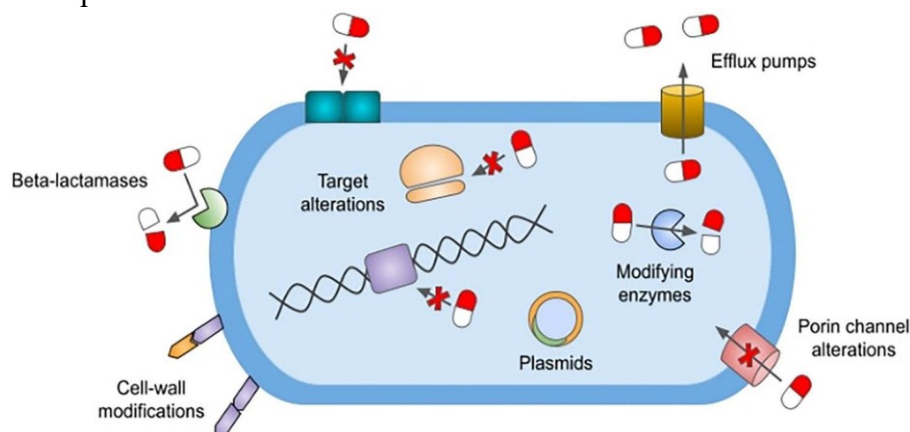
2.1 Resistência bacteriana

A resistência bacteriana aos antibióticos é reconhecida como uma das ameaças globais mais sérias à saúde pública no século XXI (Zhang Cheng, 2022). Estima-se que, em 2021, ocorreram 4,71 milhões de mortes associadas à resistência bacteriana, com 1,14 milhão diretamente atribuídas à resistência antimicrobiana. As projeções indicam que esse número pode chegar a 1,91 milhão de mortes atribuíveis até 2050 (Naghavi *et al.*, 2024).

Entre as principais causas da resistência bacteriana destacam-se o uso indiscriminado e excessivo de antibióticos, tanto na medicina humana quanto na veterinária, a automedicação, a prescrição inadequada de antimicrobianos e o descarte incorreto desses fármacos no meio ambiente. Esses fatores contribuem para a seleção e disseminação de microrganismos resistentes, dificultando o tratamento de infecções e representando um grave problema de saúde pública em escala global (Almeida *et al.*, 2024).

Os principais mecanismos de resistência bacteriana incluem: (1) limitação da absorção do fármaco, (2) modificação do alvo, (3) inativação do fármaco e (4) efluxo da droga. A resistência intrínseca envolve principalmente limitação da captação, inativação e efluxo, enquanto a resistência adquirida se dá por modificação do alvo, inativação e efluxo. Devido às diferenças estruturais, bactérias gram-negativas utilizam todos os mecanismos, enquanto as gram-positivas raramente limitam a absorção, pois não possuem membrana externa de LPS (Prado *et al.*, 2023).

Figura 1 – Principais mecanismos de resistência bacteriano



Fonte: Karukappadath; Sirbu; Zaky, 2023

2.2 Plantas medicinais e metabólitos secundários

As plantas medicinais têm sido amplamente utilizadas na medicina tradicional e na indústria farmacêutica devido à presença de compostos bioativos que desempenham funções terapêuticas. Dentre esses compostos, destacam-se os metabólitos secundários, substâncias que não estão diretamente envolvidas no crescimento e desenvolvimento das plantas, mas que possuem funções ecológicas essenciais, como defesa contra patógenos e herbívoros (Tais et al., 2017).

Os metabólitos secundários são classificados em três grandes grupos: alcaloides, flavonoides e terpenoides, sendo amplamente estudados devido às suas propriedades farmacológicas, incluindo ação antimicrobiana, anti-inflamatória e antioxidante (Simões et al., 2016). A investigação científica dessas substâncias tem permitido a validação do uso tradicional de diversas plantas medicinais e contribui para o desenvolvimento de novos fármacos.

Os metabólitos secundários das plantas são compostos químicos que não estão diretamente envolvidos nos processos vitais, como crescimento e reprodução, mas desempenham papéis fundamentais na interação da planta com o ambiente. Eles podem ser classificados em três grandes grupos principais: terpenoides, fenólicos e alcaloides (Simões et al., 2016).

Classificação dos Metabólitos Secundários

Terpenoides (ou isoprenoides): São derivados do isopreno e apresentam ampla variedade estrutural. Muitos possuem propriedades antimicrobianas e anti-inflamatórias. Um exemplo é o limoneno, encontrado nos óleos essenciais de plantas cítricas, com ação antimicrobiana (Costa et al., 2020).

Compostos fenólicos: Incluem flavonoides, cumarinas, lignanas e taninos. Os flavonoides são especialmente conhecidos por sua atividade antioxidante e antibacteriana. Por exemplo, a quercetina, presente em diversas frutas e vegetais, apresenta ação contra bactérias Gram-positivas e Gram-negativas (Silva et al., 2019).

Alcaloides: São compostos nitrogenados com forte bioatividade. A berberina, um alcaloide encontrado em espécies do gênero *Berberis*, tem efeito antibacteriano contra *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli* devido à sua capacidade de inibir a síntese de DNA bacteriano (Gupta et al., 2018).

Atividade Antibacteriana dos Metabólitos Secundários

Os metabólitos secundários exercem ação antibacteriana por diferentes mecanismos, como:

Interferência na membrana celular bacteriana: Muitos compostos fenólicos e terpenoides causam danos à membrana celular das bactérias, levando à perda de integridade e morte celular.

Inibição da síntese de proteínas e DNA: Alcaloides como a berberina impedem a replicação bacteriana ao inibir enzimas essenciais para a síntese de DNA e proteínas.

Produção de espécies reativas de oxigênio (ROS): Alguns flavonoides induzem estresse oxidativo nas células bacterianas, causando danos irreversíveis às estruturas celulares (Silva et al., 2019).

Esses compostos naturais representam alternativas promissoras aos antibióticos sintéticos, especialmente diante do aumento da resistência bacteriana. Estudos mostram que extratos vegetais ricos em metabólitos secundários podem ser eficazes contra bactérias multirresistentes, o que reforça a importância da pesquisa fitoquímica e do uso racional das plantas medicinais.

2.3 *Plathymenia reticulata* Benth. (FABACEAE)

A *Plathymenia reticulata* Benth., conhecida popularmente como vinhático, é uma árvore nativa do Brasil pertencente à família Fabaceae. Sua distribuição abrange diversos biomas brasileiros, incluindo Amazônia, Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica, estendendo-se também a países como Paraguai, Bolívia e Suriname. No Brasil, ocorre em estados das regiões Norte (Amapá, Pará, Amazonas), Nordeste (Maranhão, Piauí, Ceará, Bahia), Centro-Oeste (Mato Grosso, Goiás, Distrito Federal, Mato Grosso do Sul), Sudeste (Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo, Rio de Janeiro) e Sul (Paraná) (Carvalho, 2008). a espécie é conhecida por outros nomes populares, como candeeiro, pau-de-candeia, vinhático-branco, vinhático-castanho, vinhático-da-mata, vinhático-do-mato, vinhático-rajado e vinhático-testa-de-boi (Lorenzi, 1992). Essas variações nos nomes populares refletem a ampla distribuição geográfica da espécie e as particularidades culturais de cada região.

O vinhático é uma árvore caducifólia que pode atingir até 22 metros de altura, apresentando tronco com casca espessa e ritidoma suberoso, de coloração cinza e textura irregularmente dividida e descamante. A casca interna é vermelha, e a madeira é moderadamente pesada, variando do amarelado ao marrom (Lorenzi, 2002).

As folhas são alternas, bipinadas, com 3 a 12 pares de pinas opostas, cada uma contendo de 6 a 24 pares de folíolos ovais. As inflorescências são racemosas, com flores pequenas, brancas e perfumadas, que florescem de setembro a novembro, com pico em outubro. Os frutos são vagens achatadas, medindo de 5 a 10 cm de comprimento, contendo sementes obovadas, amareladas a marrons, de 6 a 12 mm (Lorenzi, 2002).

A espécie habita cerrados, cerradões e florestas estacionais subcaducifólias, adaptando-se a solos que variam de distróficos a mesotróficos. É uma planta heliófila, necessitando de luz solar direta para seu desenvolvimento. Sua fenologia indica perda de folhagem na estação seca, floração entre setembro e novembro e frutificação de julho a setembro. As flores são frequentadas por insetos, especialmente abelhas silvestres e vespas, que atuam como polinizadores. As sementes são dispersas pelo vento, e os frutos verdes são predados por psitacídeos, enquanto as sementes frequentemente sofrem predação por bruquídeos (Carvalho, 2008).

A madeira de *P. reticulata* é resistente à ação de agentes decompositores, sendo utilizada em obras externas e internas, além da confecção de móveis. Historicamente, a casca foi empregada em processos artesanais de curtimento de couros devido ao seu alto teor de tanino. Atualmente, é mais utilizada na fitoterapia caseira como cicatrizante. As flores fornecem néctar e pólen para abelhas, e os frutos verdes são consumidos por psitacídeos. A espécie é indicada para arborização urbana e rural, recomposição de áreas desmatadas e reflorestamentos visando à produção de madeira versátil e durável (Carvalho, 2008).

No campo medicinal, estudos demonstraram que extratos de *P. reticulata* possuem atividade antimicrobiana contra microrganismos Gram-positivos. Em experimentos *in vitro*, os extratos inibiram o crescimento de bactérias como *Staphylococcus* sp. e estreptococos do grupo mutans, sugerindo seu potencial no controle de infecções bacterianas (Silva, 2018).

Além disso, pesquisas indicam que extratos da entrecasca do caule de *P. reticulata* possuem atividade anti-inflamatória e analgésica. Em modelos experimentais, os extratos reduziram edemas e apresentaram efeito antinociceptivo, corroborando seu uso tradicional no tratamento de processos inflamatórios e dolorosos (Silva, 2018).

No entanto, é importante destacar que, apesar de sua ampla distribuição, *P. reticulata* enfrenta ameaças devido à exploração madeireira e à perda de habitat. Portanto, práticas de manejo sustentável e conservação são essenciais para garantir a sobrevivência dessa espécie e a manutenção dos serviços ecológicos que ela proporciona (Carvalho, 2008).

Em resumo, a *Plathymenia reticulata* Benth. é uma espécie de grande importância ecológica e econômica, destacando-se por sua adaptabilidade a diferentes ambientes, valor ornamental, propriedades medicinais e qualidade de madeira. Sua conservação e uso sustentável são fundamentais para a manutenção da biodiversidade e dos recursos naturais associados a essa espécie.

Figura 2 - *Plathymenia reticulata* Benth (FABACEAE)



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Realizar triagem fitoquímica e investigar o potencial antibacteriano dos extratos das entrecasas e casca da *Plathymenia reticulata* Benth. (Fabaceae).

3.2 Objetivos Específicos

- ✓ Prospecção científica e tecnológica de *Plathymenia reticulata*
- ✓ Coleta e identificação do material botânico;
- ✓ Preparação dos extratos químicos fracionados da casca e entrecasca da planta;
- ✓ Avaliação da atividade antibacteriana in vitro.

4 METODOLOGIA

4.1 Prospecção Científica e Tecnológica

A prospecção científica foi realizada por meio do levantamento de dados em bases de artigos científicos, incluindo: Scientific Electronic Library Online (SciELO), Portal Regional da Biblioteca Virtual em Saúde (BIREME), National Center for Biotechnology Information (PubMed), Web of Science (Thomson Reuters), Scopus (Elsevier), Science Direct e Google Acadêmico. Foram utilizados como descritores os termos “*Plathymenia reticulata* Benth. (Fabaceae)” e “*Plathymenia reticulata*”, considerando todos os documentos que apresentavam esses termos no título e/ou resumo (Bastos *et al.*, 2021; Santos *et al.*, 2016).

A prospecção tecnológica foi realizada conforme a metodologia de Bastos *et al.*, (2016) e Santos *et al.*, 2016. A pesquisa consistiu em buscas direcionadas em bases de dados e registros de patentes, com o objetivo de identificar inovações tecnológicas relacionadas à espécie *P. reticulata*. Para isso, utilizaram-se os descritores “*Plathymenia reticulata* and antibacterial” e “*Plathymenia reticulata*” de forma ampla. As bases acessadas incluíram o SPACENET – European Patent Office (EPO), o United States Patent and Trademark Office (USPTO) e o Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI).

Foram analisados os pedidos de patentes depositados e os trabalhos científicos publicados no período de 2010 a 2019. Além dos descritores principais, foram utilizados operadores booleanos (como aspas e conectores lógicos) para refinar os resultados e ampliar a abrangência da busca.

Com base nos resultados obtidos, foi realizada uma análise comparativa entre as diferentes bases de dados, com o objetivo de avaliar o panorama atual das pesquisas e inovações tecnológicas envolvendo *P. reticulata*, com ênfase nos estudos realizados no Brasil, especialmente no estado do Maranhão. A coleta dos dados foi realizada no ano de 2019.

4.2 Triagem Fitoquímica

A análise fitoquímica é considerada essencial para investigações etnofarmacológicas, pois permite a verificação científica, por meio de testes específicos, dos compostos biologicamente ativos presentes nas amostras, com o objetivo de isolar os metabólitos secundários.

A metodologia adotada para esses testes foi baseada no Manual para Análise Fitoquímica e Cromatográfica de Extratos Vegetais (Barbosa et al., 2004), com adaptações conforme a necessidade do estudo. Serão realizados ensaios para identificação de flavonoides, taninos, polissacarídeos, saponinas com propriedades espumígenas, alcaloides e açúcares redutores. Todos os testes seguirão procedimentos padronizados de triagem fitoquímica. Os ensaios foram conduzidos em triplicata, utilizando-se meios aquoso e alcoólico. Para cada teste, foi preparado um controle branco, contendo todos os reagentes, exceto o extrato, com o intuito de assegurar a confiabilidade dos resultados. Algumas análises foram realizadas sob capela de exaustão, garantindo a segurança do procedimento e a proteção contra a liberação de vapores ou gases tóxicos e nocivos.

4.2.1 Saponinas espumídicas

Inicialmente pesou-se 20 miligramas do extrato seco e triturado na balança analítica e adicionou-se a mesma quantidade para cada um dos 3 tubos, logo após diluiu-se em 15 mililitros de água destilada. A seguir agitou-se vigorosamente os tubos fechados por 2 minutos. O resultado é positivo caso a espuma permaneça constante após o decorrer de 30 minutos.

4.2.3 Alcaloides

Após pesar 40 miligramas do extrato seco e triturado, em triplicata foi adicionado 5 mililitros de ácido clorídrico (HCl) 5%. Em seguida os tubos foram levados ao agitador vortex para solubilização, depois de filtrados adicionou-se 3 gotas do reativo de BOUCHARDAT (previamente preparado). A formação de precipitado laranja-avermelhado indica resultado positivo.

4.2.4 Açúcares redutores

Dissolveu-se 20 miligramas do extrato seco e triturado em 5 mililitros água destilada. Filtrou-se. Adicionou-se 2 mililitros do reativo de FEHLING A e 2 mililitros do FEHLING B. A seguir os tubos foram aquecidos em banho maria em ebulição por 5 minutos. O aparecimento de precipitado na cor vermelho-tijolo indica resultado positivo.

4.2.5 Polissacarídeos

Pesar 20 miligramas do extrato seco e triturado em 5 mililitros de água destilada, filtrar em seguida e adicionar 2 gotas de lugol. Mudança na coloração para azul indica resultado positivo.

4.2.6 Taninos

Dissolver 20 miligramas do extrato em 5 mililitros de água destilada, em seguida filtrar. Adicionar 3 gotas de solução alcoólica de cloreto de ferro III (FeCl_3) a 1%. Em seguida agitar e observar qualquer alteração na coloração da solução, que indicará a presença de taninos hidrolisáveis quando houver precipitado de coloração azul e taninos condensados se a coloração apresentada for verde.

4.2.7 Flavonoides

Uma amostra de 50 miligramas do extrato foi dissolvida em 10 mililitros de metanol, em seguida filtrar. Adicionar 5 gotas de ácido clorídrico (HCl) concentrado e 0,2 cm de Magnésio em fita. Teste realizado em capela de exaustão. A reação terminará com o fim da efervescência e o surgimento de uma coloração rosa indicará resultado positivo.

4.2.8 Esteroides e Triterpenoides

Adicionar em cada um dos 3 tubos 20 miligramas do extrato seco e triturado e dissolver em 1 mililitro de dimetilsulfóxido (DMSO) para melhor solubilização, adicionar 10 mililitros de clorofórmio, logo após realizar a filtração deve-se transferir as soluções para um tubo de ensaio seco, adiante adicionar 1 mililitro de Anidrido Acético, agitar suavemente e cuidadosamente gotejar 3 gotas de ácido sulfúrico (H_2SO_4), agitar novamente. A rápida mudança de coloração em tons que vão do azul evanescente ao verde indicam resultado positivo.

4.2.9 Ácidos orgânicos

Pesar 20 miligramas do extrato seco e diluir em 5 mililitros de água destilada. Filtrar e logo após transferir 2 mililitros da solução para outro tubo de ensaio, em seguida adicionar gotas do reativo de PASCOVÁ (previamente preparado).

O resultado será positivo se apresentar uma descoloração do reativo.

4.3 Coleta e Identificação do Material Botânico

As cascas e entrecascas de *P. reticulata* foram coletadas no município de Grajaú, MA, Brasil, localizada no centro sul do Maranhão, a aproximadamente 580 km de São Luís, capital do estado. E possui uma área territorial de 8.842,782 km², e uma população estimada em 68.458.000 habitantes, possui coordenadas geográficas: 05° 49' 10" de latitude Sul e 46° 08' 19" de longitude Oeste (Brasil, 2019).

Após a coleta, as amostras foram enviadas para registro em herbário, seguindo metodologia de campo de Fidalgo & Bononi (1989) e identificadas com bibliografia especializada. Todo o material coletado foi incorporado ao acervo do Herbário Delta do Parnaíba, na Universidade Federal do Piauí – UFPI, sob o número de tombamento e identificação 6508.

4.4 Preparo do material vegetal *in natura*

As cascas e entrecascas de *P. reticulata* foram desidratadas em estufa a 40 °C durante 72 horas com circulação de ar fechada. Após a secagem, as amostras foram trituradas usando um moinho de facas, para a obtenção do material vegetal em pó. (Araújo *et al.*, 2014).

4.5 Obtenção do extrato bruto

Para a obtenção dos extratos, seguiu-se a metodologia descrita por Parekh *et al.* (2005), com algumas adaptações. Os extratos vegetais foram obtidos a partir do pó das cascas e entrecascas de *P. reticulata*, utilizando como solventes etanol, metanol e água.

Inicialmente, foram pesadas duas porções de 20 gramas de material vegetal em pó, as quais foram transferidas separadamente para frascos contendo 100 mL de cada solvente. As soluções foram submetidas à agitação constante por 24 horas, em mesa agitadora, sem aquecimento. Posteriormente, as soluções foram filtradas com o auxílio de uma bomba a vácuo, utilizando funil de Buchner em papel filtro nº 15. As soluções foram armazenadas em frascos âmbar, sob refrigeração, e, em seguida, concentradas em evaporador rotativo a 40 °C.

Ao todo, foram obtidos quatro extratos de *P. reticulata*, sendo: extrato etanólico da casca (EES-C), extrato aquoso das cascas (EA-C), extrato etanólico das entrecascas (EES-EC), e extrato aquoso das entrecascas (EA-EC).

4.6 Ensaio Antibacteriano

4.6.1 Linhagens bacterianas

Os testes antibacterianos foram realizados no laboratório da Universidade Federal do Maranhão-UFMA/ Campus Grajaú, onde se utilizou os extratos: etanólico da casca (EES-C), extrato aquoso das cascas (EA-C), extrato etanólico das entrecascas (EES-EC), e extrato aquoso das entrecascas (EA-EC). contra as linhagens bacterianas: *Staphylococcus aureus* ATCC 25123; *S. aureus* ATCC 43300; *Escherichia coli* ATCC 35218; *Escherichia coli* ATCC 25922; *Enterococcus faecalis* ATCC 29212; *Staphylococcus epidermidis* ATCC 12228; *Salmonella* e *Stenotrophomonas maltophilia*.

4.6.2 Preparação do inóculo bacteriano

Para preparação do inóculo bacteriano, as bactérias foram semeadas em placas de Petri com meio ágar Muller Hinton (DIFCO) durante 24 horas a uma temperatura de 37°C, em condições aeróbicas. Após esse período de incubação, foram coletadas colônias isoladas com auxílio de alça de platina, e transferidas para tubos com solução salina estéril [NaCl 0,85%, (p/v)] até obter a turbidez correspondente à escala de McFarland 0,5 (absorbância variando de 0,08 a 0,1 no comprimento de onda de 625 nm, em leitura espectrofotométrica (aproximadamente 1x10⁸ UFC/mL) (Clsi, 2003). A partir dessa suspensão realizou-se os testes antibacterianos. Toda a manipulação bacteriana foi realizada em condições assépticas em

câmara de fluxo laminar e as substâncias testes passaram por filtração em filtro de membrana poliestersulfônica de 0,22 µm (TPP)

4.6.3 Determinação da concentração inibitória mínima (CIM)

Para determinação da Concentração Inibitória Mínima (CIM) foram utilizadas placas de microdiluição estéreis com 96 poços de fundo chato, com oito linhas (A a H) e doze colunas (1 a 12). A microdiluição foi procedida da seguinte forma: inicialmente serão depositados 155 µL de caldo Mueller-Hinton mais 40 µL do extrato na linha A, colunas 1, 2, 3 e 4, seguido de 95 µL do meio de cultura nas demais linhas, das mesmas colunas descritas. Procede-se então, uma diluição seriada de razão 2, pipetando-se 100 µL da linha A das colunas testes descritos, transferindo-se esse volume para a linha B. Após a homogeneização, 100 µL das soluções da linha B serão transferidos para a linha C e, assim, sucessivamente até a linha D, na qual serão pipetados e descartados 100 µL, obtendo-se assim, diluição com concentrações variando de 2000 a 125 µg.mL⁻¹ (Clsi, 2003^a). A seguir, será adicionado 5 µL do inóculo bacteriano aos poços das colunas 2 a 6, originando uma solução contendo 5x10⁵ UFC.mL⁻¹ com um volume final de 100 µL em cada poço.

A coluna 1 corresponde ao controle de esterilidade do meio de cultura contendo o extrato submetido à mesma micro diluição de razão 2. A coluna 5 corresponde ao controle de crescimento do solvente (DMSO 2% (v/v), Etanol 10% (v/v) ou H₂O ultrapura) submetido à mesma micro diluição de razão 2. A coluna seis corresponde ao controle de crescimento ou viabilidade bacteriana contendo: 95 µL de meio de cultura e 5 µL do inóculo bacteriano. O mesmo procedimento foi utilizado para a determinação das CIMs dos antibióticos padrões efetivos contra as bactérias testadas: Oxacilina para *S. epidermidis* e *S. aureus* ATCC 29213; Vancomicina para *Enterococcus faecalis*; além de Meropenem para *E. coli* ATCC 25922. Estes experimentos também foram realizados em triplicata. As placas foram incubadas sob condições aeróbicas a 37 °C por 24 horas. Considera-se a CIM, a menor concentração do agente que inibiu crescimento bacteriano a um nível de absorvância (D.O – Densidade Óptica) < 0,05 no comprimento de onda de 600 nm onde há ausência de crescimento visível.

4.6.4 Método de difusão em ágar (MDA)

Este teste foi realizado de acordo com Maia-Araújo et al. (2011) e NCCLS (2003^b), com algumas adaptações. Primeiramente, mergulhou-se um swab de algodão estéril em um tubo contendo a suspensão bacteriana ajustada à turbidez de 0,5 da escala McFarland. O swab será girado várias vezes e apertado firmemente contra a parede interna do tubo, acima do nível do líquido. À superfície de uma placa de ágar Mueller-Hinton (com aproximadamente 4 mm de espessura) será inoculado cada micro-organismo esfregando-se o swab em toda a superfície estéril do ágar. Repete-se o procedimento esfregando outras duas vezes, girando a placa aproximadamente 60° cada vez, a fim de assegurar a distribuição uniforme do inoculo. Em seguida, foram realizadas perfurações no ágar com 6 mm de diâmetro nas quais serão depositadas alíquotas de 60 µL de cada extrato nas concentrações de 10 mg.mL⁻¹. O experimento foi realizado em triplicata, tendo como controle, uma solução contendo de DMSO a 10% (veículo utilizado para a diluição dos extratos). As placas foram então incubadas a 37 °C, em condições aeróbicas. Após 24 horas, foram medidos, com auxílio de paquímetro digital, os diâmetros dos halos de inibição promovidos pelos extratos.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Prospecção Tecnológica

Os dados coletados no de 2022 foram analisados por meio de um estudo prospectivo e organizados em tabelas para facilitar a interpretação dos resultados. A Tabela 3 apresenta as informações obtidas a partir da busca pelo termo "Plathymenia reticulata", enquanto a Tabela 4 reúne os dados encontrados com a busca combinada "Plathymenia reticulata and antibacterial", permitindo uma análise comparativa sobre a relevância dessa espécie no contexto científico e seus potenciais efeitos antiparasitários. A estruturação dos resultados possibilita a identificação de tendências e lacunas na literatura, destacando a necessidade de novas investigações para aprofundar o conhecimento sobre as propriedades bioativas dessa planta e suas possíveis aplicações terapêuticas.

Tabela 3. Prospecção científica e tecnológica contendo dados dos últimos 10 anos de publicação, utilizando o descritor “*Plathymenia reticulata*”.

<i>“Plathymenia reticulata”</i>	
BASES DE ARTIGOS	
SCIELO	11
PUBMED	10
BIREME	15
SCOPUS	36
WEB OF SCIENCE	12
SCIENCE DIRECT	51
GOOGLE ACADÊMICO	1.560
BASES DE PATENTES	
USPTO	0
WIPO	0
EPO	1
INPI	0

Fonte: Autoria própria, 2025.

A análise dos dados da prospecção científica (Tabela 3) revela um volume expressivo de publicações sobre *Plathymenia reticulata*, com predominância no Google Acadêmico, evidenciando um crescente interesse pela espécie no meio acadêmico. No entanto, a distribuição das publicações entre diferentes bases de dados sugere uma fragmentação do conhecimento, o que pode dificultar a sistematização e a consolidação de informações relevantes sobre seu

potencial farmacológico. Em contrapartida, a prospecção tecnológica aponta para um cenário contrastante foi identificada apenas uma patente registrada na European Patent Office (EPO), o que demonstra uma lacuna significativa na conversão do conhecimento científico em inovação tecnológica e aplicação industrial.

Essa discrepância entre produção acadêmica e proteção intelectual sugere desafios estruturais no processo de inovação científica. A baixa quantidade de registros de patentes pode ser atribuída a múltiplos fatores, incluindo a carência de incentivos financeiros para a pesquisa aplicada, a falta de cultura voltada à propriedade intelectual entre os pesquisadores e a escassez de parcerias entre universidades e o setor produtivo. A literatura tem demonstrado que países com forte tradição em inovação mantêm programas institucionais robustos para facilitar o depósito de patentes, promovendo colaborações entre centros de pesquisa e indústrias para acelerar a transferência de tecnologia (Mowery et al., 2015). No Brasil, essa conexão ainda é incipiente, dificultando a transformação de descobertas acadêmicas em produtos biotecnológicos com aplicação prática.

Tabela 4. Prospecção científica e tecnológica contendo dados dos últimos 10 anos de publicação, utilizando o descritor “*Plathymenia reticulata antibacterial*”.

“Plathymenia reticulata and antiparasital”	
BASES DE ARTIGOS	
SCIELO	0
PUBMED	0
BIREME	0
SCOPUS	0
WEB OF SCIENCE	0
SCIENCE DIRECT	0
GOOGLE ACADÊMICO	0
BASES DE PATENTES	
USPTO	0
WIPO	0
EPO	0
INPI	0

Fonte: Autoria própria, 2025.

Um dado particularmente relevante emergiu da prospecção científica e tecnológica apresentada na (Tabela 4) não há registros de publicações ou patentes para o descritor "Plathymenia reticulata and antiparasital", sugerindo que a possível atividade antiparasitária

dessa espécie ainda não foi explorada. Esse vazio de conhecimento abre espaço para pesquisas pioneiras que busquem elucidar os mecanismos bioativos da planta e sua aplicabilidade no desenvolvimento de novos tratamentos para doenças parasitárias. A ausência de estudos sobre essa vertente da *Plathymenia reticulata* contrasta com o conhecimento popular que atribui propriedades medicinais à espécie, incluindo seu uso para tratar doenças pulmonares, dermatites e distúrbios gastrointestinais (Carvalho, 2009, p. 6). Essa discrepância reforça a necessidade de investigações científicas que validem ou refutem empiricamente o potencial terapêutico relatado pela medicina tradicional.

Além da questão da inovação, um fator crítico a ser considerado é a subutilização da biodiversidade brasileira como fonte de bioativos promissores. O Brasil detém uma das maiores diversidades biológicas do mundo, com uma vasta gama de espécies vegetais que possuem compostos com potencial farmacológico ainda inexplorado. No entanto, a exploração científica desse patrimônio enfrenta desafios como a falta de financiamento estável para pesquisas de longo prazo, a escassez de infraestrutura adequada para estudos fitoquímicos avançados e a ausência de incentivos à formação de redes interdisciplinares de pesquisadores que possam investigar de forma integrada os aspectos químicos, biológicos e farmacológicos dessas plantas (Albuquerque et al., 2019).

Diante desse cenário, a ausência de estudos e patentes relacionados à possível atividade antiparasitária da *Plathymenia reticulata* representa uma oportunidade estratégica para futuras investigações, especialmente no contexto das doenças negligenciadas, como a leishmaniose e a doença de Chagas. Essas enfermidades, endêmicas em diversas regiões tropicais, são caracterizadas por um tratamento limitado, com fármacos que apresentam alta toxicidade e resistência parasitária emergente (Rodrigues et al., 2020). O desenvolvimento de novos compostos naturais, derivados de plantas com histórico de uso etnofarmacológico, pode representar uma alternativa promissora para superar essas limitações e ampliar o arsenal terapêutico disponível.

Para que a biodiversidade brasileira seja mais bem aproveitada no desenvolvimento de novos biofármacos, é essencial que haja um fortalecimento da integração entre universidades, centros de pesquisa e a indústria farmacêutica. A experiência internacional demonstra que países com maior taxa de inovação científica possuem programas estruturados para viabilizar a transferência de tecnologia e fomentar pesquisas voltadas à aplicação prática. Além disso, a formação de redes internacionais de cooperação científica pode contribuir para superar

limitações financeiras e técnicas, permitindo que pesquisadores brasileiros acessem metodologias de ponta e estabeleçam colaborações estratégicas com instituições estrangeiras.

Assim, os dados apresentados nesta pesquisa não apenas reforçam a necessidade de aprofundamento dos estudos sobre *Plathymenia reticulata*, mas também evidenciam a importância de políticas institucionais que incentivem a inovação biotecnológica. O potencial farmacológico das plantas nativas brasileiras ainda é subaproveitado, e a ampliação de investimentos em pesquisa, associada a estratégias eficazes de transferência de tecnologia, é fundamental para consolidar o país como referência na bioprospecção e no desenvolvimento de novos fármacos a partir de sua rica biodiversidade.

5.2 Triagem Fitoquímica

A triagem fitoquímica foi conduzida por meio de reações químicas qualitativas, com o intuito de detectar a presença de metabólitos secundários nos extratos vegetais e classificá-los conforme os grupos de compostos químicos, utilizando reagentes que indicam sua presença por meio de reações específicas.

Esses reagentes fornecem resultados conforme a presença ou ausência de determinados fatores, como alteração na coloração, formação de espuma ou precipitado.

Na análise fitoquímica dos extratos alcoólicos e aquosos da entrecasca da candeia, foram identificadas quatro classes de metabólitos secundários (Figura 3): saponinas espumígenas (3A), alcaloides (3B), açúcares redutores (3C) e taninos (imagens 3D e 3E). Não foram detectados polissacarídeos, flavonoides, esteroides, triterpenoides e ácidos orgânicos, conforme descrito nas Tabelas 1 e 2. Observou-se apenas uma diferença entre os extratos em relação aos taninos e à extração em solventes distintos, a diferença observada entre os extratos aquoso e alcoólico, no que se refere à classe dos taninos, foi evidenciada pelas reações distintas.

O extrato alcoólico formou um precipitado de cor esverdeada, indicando a presença de taninos catequicos. Já o extrato aquoso apresentou um precipitado azul-escuro, o que caracteriza a presença de taninos pirogálicos.

Tabela 1. Triagem fitoquímica extrato da entrecasca

Metabólitos secundários	Resultados (meio alcoólico)	Resultados (meio aquoso)
Saponinas	+	+
Alcalóides	+	+
Açúcares redutores	+	+
Polissacarídeos	-	-
Taninos	+	+
Flavonoides	-	-
Esteróides e Triterpenóides	-	-
Ácidos orgânicos	-	-

Fonte: Autoria própria, 2022.

Tabela 2. Triagem fitoquímica extrato da casca

Metabólitos secundários	Resultados (meio alcoólico)	Resultados (meio aquoso)
Saponinas	+	+
Alcalóides	+	+
Açúcares redutores	+	+
Polissacarídeos	-	-
Taninos	+	+
Flavonoides	-	-
Esteróides e Triterpenóides	-	-
Ácidos orgânicos	-	-

Fonte: Autoria própria, 2022.

5.3 Avaliação da atividade antibacteriana

Os testes de Concentração Inibitória Mínima (CIM) podem ser observados na (tabela 1). A avaliação da atividade antibacteriana dos extratos brutos das cascas e entre cascas de *P. reticulata* foi realizada pelo método de micro diluição, baseia-se na sucessiva diluição das amostras em placas de 96 poços e submete-se o microrganismo a ação dos extratos em estudo.

Tabela 1 - Concentração Inibitória Mínima (CIM), dos extratos de *P. reticulata* em bactérias Gram-positivas e Gram-negativas.

Micro-organismos	CIM µg.mL ⁻¹			
	EES-C	EA-C	EES-EC	EA-EC
S. aureus ATCC 25123	125	125	125	125
E. coli ATCC 25922	125	125	125	125
E. faecalis ATCC 29212	125	125	125	125
S. epidermidis ATCC 12228	125	125	125	125
Salmonella	250	250	250	500
S. aureus ATCC 43300	125	125	125	125
Escherichia coli ATCC 35218	500	125	125	250
Stenotrophomonas maltophilia.	125	125	125	250

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Os testes de Concentração Inibitória Mínima (CIM) realizados com os extratos vegetais revelaram diferentes níveis de atividade antibacteriana frente às cepas testadas.

No grupo das bactérias Gram-positivas, como *Staphylococcus aureus* (ATCC 25213 e 43300), *Enterococcus faecalis* e *Staphylococcus epidermidis*, os extratos EES-C, EA-C e EES-EC apresentaram excelente atividade, com CIM de 125 µg/mL para todas as cepas. O extrato EA-EC também demonstrou boa eficácia, com CIM de 125 µg/mL para as três primeiras cepas, mas apresentou menor potência contra *S. epidermidis*, com CIM de 250 µg/mL.

Nas bactérias Gram-negativas, observou-se maior variação na atividade dos extratos. Frente à cepa *Escherichia coli* ATCC 25922, todos os extratos (EES-C, EA-C, EES-EC e EA-EC) apresentaram atividade uniforme, com CIM de 125 µg/mL. No entanto, para *E. coli* ATCC 25218, o extrato EES-C demonstrou menor atividade (CIM de 500 µg/mL), enquanto os extratos EA-C e EES-EC mantiveram CIM de 125 µg/mL, e o extrato EA-EC apresentou valor intermediário de 250 µg/mL.

Contra *Salmonella* spp., os extratos EES-C, EA-C e EES-EC apresentaram CIM de 250 µg/mL, indicando atividade moderada. Já o extrato EA-EC foi o menos eficaz, com CIM de 500 µg/mL. Resultados semelhantes foram observados frente à cepa *Stenotrophomonas* spp., onde os extratos EES-C, EA-C e EES-EC apresentaram CIM de 125 µg/mL, enquanto o extrato EA-EC teve CIM de 250 µg/mL.

Os extratos vegetais demonstraram forte atividade antibacteriana contra bactérias Gram-positivas, com destaque para os extratos EA-C e EES-EC, que também apresentaram boa eficácia frente a algumas cepas Gram-negativas. O extrato EA-EC, por sua vez, apresentou desempenho inferior, com valores de CIM mais elevados frente às cepas *S. epidermidis*, *E. coli* 25218, *Salmonella* spp. e *Stenotrophomonas* spp.

Assim, percebe-se que o atual estudo obteve resultados promissores para extratos, sendo estes um candidato à agente antimicrobiano natural contra linhagens bacterianas gram-negativas.

De acordo com Miranda *et al.* (2015) e Holetz *et al.* (2002), uma CIM inferior a 100 µg/mL apresenta boa atividade antimicrobiana, entre 100 a 500 µg/mL moderadamente ativa e entre 500 e 1000 µg/mL pouco ativa e CIM maior que 1000 µg/mL, inativa. Desta forma, os resultados obtidos demonstraram os extratos da *Plathymenia reticulata benth* são considerados moderadamente ativo contra as linhagens *S. aureus* ATCC 25123; *A. baumannii* e *S. maltophilia*.

As variações na atividade antimicrobiana apresentada por extratos de plantas podem ser atribuídas a vários fatores: linhagem utilizada, processo de extração, seja pela diferença dos solventes utilizados ou pelo tipo de material vegetal (fresco ou seco); entre outros fatores (Ostrosky *et al.*, 2008). Os resultados das concentrações inibitórias mínimas evidenciaram componentes químicos no extrato e nas frações com potencial efeito antibacteriano.

Tabela 2 – Halos de inibição em (mm) dos extratos *P. reticulata* frente a bactérias Gram-positivas e Gram-negativas

Micro-organismos	CIM $\mu\text{g.mL}^{-1}$			
	EES-C	EA-C	EES-EC	EA-EC
<i>S. aureus</i> ATCC 25123	14	14	14	14
<i>E. coli</i> ATCC 25922	12	8	12	8
<i>E. faecalis</i> ATCC 29212	12	10	12	10
<i>S. epidermidis</i> ATCC 12228	12	18	12	18
<i>Salmonella</i>	12	8	12	8
<i>S. aureus</i> ATCC 43300	10	12	10	12
<i>Escherichia coli</i> ATCC 35218	6	6	6	6
<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>	10	10	10	10

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Os ensaios de halo de inibição foram realizados com os extratos vegetais de *Plathymenia reticulata* (EES-C, EA-C, EES-EC e EA-EC), com o objetivo de avaliar a atividade antibacteriana frente a diferentes cepas de bactérias Gram-positivas e Gram-negativas. Os diâmetros dos halos de inibição foram medidos em milímetros (mm), conforme apresentado na Tabela 2.

Em relação às bactérias Gram-positivas, todos os extratos demonstraram atividade relevante frente a *Staphylococcus aureus* ATCC 25123, com halos de inibição uniformes de 14 mm. Para *S. epidermidis* ATCC 12228, observou-se o maior halo entre todos os testes, com o extrato EA-EC atingindo 18 mm, enquanto os demais extratos apresentaram 12 mm. Já frente ao *Enterococcus faecalis* ATCC 29212, os halos variaram entre 10 e 12 mm, com destaque para o extrato EES-EC (12 mm), sugerindo boa atividade.

Contra a cepa resistente *S. aureus* ATCC 43300, os halos de inibição variaram de 10 a 12 mm, sendo o extrato EA-EC o mais eficaz (12 mm). Esses resultados indicam que os extratos, especialmente os etanólicos, possuem potencial contra linhagens resistentes.

Nas análises com bactérias Gram-negativas, o extrato EES-C obteve halo de 12 mm frente à *Escherichia coli* ATCC 25922, enquanto os extratos EA-C e EA-EC apresentaram halos menores, de 8 mm, indicando menor sensibilidade. Frente à *E. coli* ATCC 35218, todos os extratos apresentaram halos de apenas 6 mm, o que caracteriza atividade antimicrobiana fraca ou limítrofe.

A cepa de *Salmonella* spp. respondeu melhor aos extratos EES-C e EES-EC (12 mm), enquanto EA-C e EA-EC apresentaram apenas 8 mm de halo, evidenciando que os extratos aquosos foram mais ativos frente a essa linhagem.

Em relação à *Stenotrophomonas maltophilia*, todos os extratos apresentaram halos de 10 mm, o que demonstra uma atividade antimicrobiana constante e moderada frente a essa cepa.

O teste de difusão em ágar por disco, conhecido como teste de halo de inibição, consiste na aplicação de substâncias antimicrobianas sobre discos de papel absorvente colocados em uma superfície de meio de cultura previamente inoculada com a bactéria de interesse. Após incubação, observa-se a formação de halos claros ao redor dos discos, que indicam a inibição do crescimento bacteriano. O diâmetro desses halos é diretamente proporcional à eficácia do agente testado. Esse método é amplamente utilizado na triagem de substâncias naturais, como extratos vegetais, por ser simples, de baixo custo e eficaz na avaliação preliminar da atividade antimicrobiana (Clsi, 2012; Silva et al., 2020).

6 CONCLUSÃO

A prospecção científica e tecnológica revelou que, apesar de diversas publicações sobre *Plathymenia reticulata*, há uma grande lacuna na exploração de suas aplicações práticas, especialmente em termos de patentes e estudos antiparasitários. Isso destaca a necessidade de maiores investimentos em bioprospecção, proteção intelectual e colaboração entre academia e indústria para transformar o conhecimento em inovações terapêuticas, principalmente no tratamento de doenças parasitárias negligenciadas.

Com o estudo de CIM foi possível observar eficácia e o potencial antibacteriano das frações de extratos etanólico, e em meio aquoso de *Plathymenia reticulata benth* contra linhagens bacterianas Gram-positivas. Todas as bactérias apresentam valores moderados de CIM iguais a 125 µg/mL com exceção da *E. coli* que apresentou 500 µg/mL para casca e entrecasca para o extrato de etanol.

Uma vez que vivemos um momento onde grande parte dos micro-organismos adquiram resistência aos antibióticos no mercado, a busca de novos antimicrobianos naturais é de grande importância para obter candidatos com melhor ação para o controle e a proliferação de diversas doenças provocadas por bactérias. Encontrar os constituintes majoritários nessas frações que tiveram ação antibacteriana de modo que possa intensificar o efeito biológico, são perspectivas para a continuidade deste estudo.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, João Victor Murad et al. USO INDISCRIMINADO DE ANTIBIÓTICOS E POSSÍVEIS RISCOS DE RESISTÊNCIA. **RECIMA21-Revista Científica Multidisciplinar-ISSN 2675-6218**, v. 5, n. 7, p. e575475-e575475, 2024.

ARAÚJO, K.M.; LIMA, A.; SILVA, J.N.; RODRIGUES, L.L.; AMORIM, A.G.N.; QUELEMES, P.Q.; SANTOS, R.C.; ROCHA, J.A.; ANDRADES, E.O.; LEITE, J.R.S.A.; MANCINI-FILHO, J.; TRINDADE, R.A. Identification of Phenolic Compounds and Evaluation of Antioxidant and Antimicrobial Properties of *Euphorbia Tirucalli* L.. **Antioxidants**, v.3, p.159-175, 2014.

BASTOS, R. S.; ARAÚJO, J. L.; AZEVEDO, V. S.; FERREIRA, M. de L. de A. S.; LIMA, L. R. de; ROCHA, J. A. Cadmio complexes with biological activity: Scientific and technological prospection. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 5, p. e45610515152, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i5.15152. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/15152>. Acesso em: 14 feb. 2022.

BETTEGA, P. V. C., et al. Fitoterapia: dos canteiros ao balcão da farmácia. **Archives of Oral Research**, v.7, n.1, p.89-97, 2011.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Contagem Populacional**. Disponível em: <http://cod.ibge.gov.br/CQR>. Acesso em: 20. fev. 2019.

BRUNING, M. C. R., et al. A utilização da fitoterapia e de plantas medicinais em unidades básicas de saúde nos municípios de Cascavel e Foz do Iguaçu – Paraná: a visão dos profissionais de saúde. **Revista Ciência & Saúde Coletiva**, v.17, n.10, p.2675-85, 2012.

CARVALHO, P. E. R. Espécies arbóreas brasileiras. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, 2008.

CLSI – CLINICAL AND LABORATORY STANDARDS INSTITUTE. Performance standards for antimicrobial disk susceptibility tests: approved standard. 12. ed. Wayne, PA: CLSI, 2012. (CLSI document M02-A12).

COSTA, L. M. et al. Óleos essenciais e sua atividade antimicrobiana: uma revisão bibliográfica. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 22, p. 1-15, 2020.

DAVIES, Julian; DAVIES, Dorothy. Origins and evolution of antibiotic resistance. **Microbiology and Molecular Biology Reviews**, v. 74, n. 3, p. 417-433, 2010.

DOS SANTOS ARAÚJO, Keilla et al. Prospecção científica e tecnológica da dengue no Brasil e no Maranhão no período de 1994 a 2014. **Cadernos de Prospecção**, v. 9, n. 3, p. 337, 2016.

FEIJÓ, A. M., et al. Plantas medicinais utilizadas por idosos com diagnóstico de Diabetes mellitus no tratamento dos sintomas da doença. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v.14, n.1, p.50-56, 2012.

FERNANDES, A. W. C. et al. Atividade antimicrobiana in vitro de extratos de plantas do bioma caatinga em isolados de *Escherichia coli* de suínos. **Revista brasileira de plantas medicinais**, v. 17, p. 1097-1102, 2015.

FIDALGO, O.; BONONI, V.L.R. **Técnicas de coleta, preservação e herborização de material botânico**. Instituto de Botânica, São Paulo. 62 p. 1989.

GUPTA, P. C. et al. Berberine in antimicrobial therapy: a comprehensive review. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, v. 111, p. 366-381, 2018.

HAWKING, Stephen. O teórico de tudo: a origem e o destino do universo. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2002.

KARUKAPPADATH, Riaz M.; SIRBU, Dumitru; ZAKY, Ahmed. Drug-resistant bacteria in the critically ill: Patterns and mechanisms of resistance and potential remedies. **Frontiers in Antibiotics**, v. 2, p. 1145190, 2023.

LACERDA, D. R.; LEMOS FILHO, J. P.; ACEDO, M. D. P.; LOVATO, M. B. Diferenciação molecular de duas espécies arbóreas neotropicais vicariantes, *Plathymenia foliolosa* e *P. reticulata* (Mimosoidae), inferida por meio de marcadores RAPD. **Plant Syst Evol.** 2002; 235 (1-4): 67-77.

LEAL, R. S.; LIMA, M. A. S.; SILVEIRA, E. R. Diterpenos de Cassane de *Plathymenia reticulata*. **J Braz Chem Soe.** 2003; 14 (1): 120-5.

LIMA, A. E.; OLIVEIRA, R. B.; SILVA, M. N.; MOURÃO, R. H. V. **Plantas usadas para tratar picadas de cobra em Santarém, oeste do Pará, Brasil: uma avaliação da sua eficácia na inibição atividade hemorrágica induzida por *Bothrops jararaca* veneno**, **J. Ethnopharmacol.** 161 (2015), pp. 224 - 232

LIMA, Cleiane et al. Antibacterial, Antibiofilm, and Antischistosomal Activity of *Montrichardia linifera* (Arruda) Schott (Araceae) Leaf Extracts. **Scientia Pharmaceutica**, v. 89, n. 3, p. 31, 2021.

LOPES, G. A. D., et al. Plantas medicinais: indicação popular de uso no tratamento de hipertensão arterial sistêmica (HAS). **Revista Ciência em Extensão**, v.6, n.2, p.143-55, 2010.

LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 1992.

LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 2. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002.

MELO, R. F.; FARRAPO, N. M.; ROCHA JR, D. S.; SILVA, M. G.; COGO, J. C.; DAL BELO, C. A. **Mecanismos antiofidianos de plantas medicinais** Raymond B Keller (Org.) (Ed.), Flavonóides: Biossíntese, Efeitos Biológicos e Fontes dietéticas. **Nova Science Publishers**, New York (2009) , pp. 249 - 262

MELO, R. S.; FARRAPO, N. M.; ROCHA-JUNIOR, D. S.; SILVA, M. G.; COGO, J. C.; DAL BELO, C. A., et al. Mecanismos antiofidianos das plantas medicinais. In: KELLER R.

B., editor. Flavonóides: biossíntese, efeitos biológicos e fontes dietéticas. Nova York: **Nova Science Publishers**; 2009. p. 249-62.

MOURA, V. M.; FREITAS-DE-SOUSA, L. A.; DOS SANTOS, M. C.; RAPOSO, J. D. A.;

NAGHAVI, Mohsen et al. Global burden of bacterial antimicrobial resistance 1990–2021: a systematic analysis with forecasts to 2050. **The Lancet**, v. 404, n. 10459, p. 1199-1226, 2024.

OSTROSKY, E. A., et al. Métodos para avaliação da atividade antimicrobiana e determinação da concentração mínima inibitória (CMI) de plantas medicinais. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.16, n.2, p.301-07, 2008

PAREKH, J.;Jadeja, D.; Chanda, S. Efficacy of Aqueous and Metanol Extracts of Some Medicinal Plants for Potential Antibacterial Activity. **Turkish Journal of Biology**, v.29, p.203-210, 2005.

PINTO, T. J. A; KANEKO, T. M.; OHARA, M.T. **Controle Biológico de Qualidade de Produtos Farmacêuticos, Correlatos e Cosméticos**. 2.ed. 2003. São Paulo: Atheneu Editora, 325 p.

POTT, A.; POTT, V. J. *Plathymenia reticulata* , Leguminosae-Mimosoideae. **In:** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, editor. Plantas do Pantanal. Corumbá: EMBRAPA-CPAP; 1994. 320 p.

POTT, A.; POTT, V. J.; BUENO SOBRINHO, A. A. Plantas úteis à hiperligação no Pantanal. **IV Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-econômicos do Pantanal** [Internet]. Corumbá: Brasil.

PRADO, Giovanna Stati Batista et al. Mecanismos de resistência a antibióticos em bactérias Gram-negativas: Novas abordagens terapêuticas. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 9, n. 7, p. 1920-1930, 2023.

SANTOS, M. M., et al. Uso empírico de plantas medicinais para tratamento de diabetes. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v.14, n.2, p.327-34, 2012.

SILVA, G. N.; LIMA, E. O.; PINTO, M. E. F. Atividade antibacteriana de extratos vegetais: métodos in vitro e aplicação na fitoterapia. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*, v. 22, n. 1, p. 1-10, 2020. https://doi.org/10.1590/1983-084x/20_003

SILVA, J. A. T. Avaliação da germinação e vigor de sementes de *Plathymenia reticulata* Benth. Recife, 2018. 56 f.: il. Dissertação de mestrado.

SILVA, R. A. et al. Flavonoides como agentes antibacterianos: mecanismos de ação e potencial terapêutico. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, v. 9, n. 10, p. 157-169, 2019.

SIMÕES, C. M. O. et al. Farmacognosia: do produto natural ao medicamento. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2016.

SIMÕES, C. M. O. et al. Farmacognosia: do produto natural ao medicamento. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2016.

SOUSA, F. C., et al. Uso de plantas medicinais (fitoterápicos) por mulheres da cidade de Icó-CE. **Revista Brasileira de Biologia e Farmácia**, v.5, n.1, p.161-70, 2011.

TAIZ, L. et al. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

TOLEDO, C. E.; BRITTA, E. A.; CEOLE, L. F. **Atividades antimicrobiana e citotóxica de plantas medicinais do cerrado brasileiro, usando cachaça brasileira como líquido extrator.** **J. Ethnopharmacol**, 133 (2011), pp. 420 - 425

ZHANG, Fusheng; CHENG, Wei. The mechanism of bacterial resistance and potential bacteriostatic strategies. **Antibiotics**, v. 11, n. 9, p. 1215, 2022.