



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS – UFAL
INSTITUTO DE QUÍMICA E BIOTECNOLOGIA – IQB
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM QUÍMICA E BIOTECNOLOGIA – PPGQB

ROSIELLEN LEITE PALMEIRA DOS SANTOS

ANÁLISE FITOQUÍMICA E AVALIAÇÃO DA PRESENÇA DE LECTINA E DA
ATIVIDADE SOBRE A SUSCEPTIBILIDADE E FORMAÇÃO DE BIOFILME
BACTERIANO E FÚNGICO DO EXTRATO DO COLMO
DO BAMBU (*Guadua angustifolia*)

MACEIÓ – AL
2024

ROSIELLEN LEITE PALMEIRA DOS SANTOS

ANÁLISE FITOQUÍMICA E AVALIAÇÃO DA PRESENÇA DE LECTINA E DA
ATIVIDADE SOBRE A SUSCEPTIBILIDADE E FORMAÇÃO DE BIOFILME
BACTERIANO E FÚNGICO DO EXTRATO DO COLMO
DO BAMBU (*Guadua angustifolia*)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Instituto de Química e Biotecnologia – IQB da Universidade Federal de Alagoas, como um dos requisitos para a obtenção do título de mestra em Química e Biotecnologia.

Orientador: Prof. Dr. Francis Soares Gomes

MACEIÓ – AL
2024

Catálogo na Fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico

Bibliotecário: Marcelino de Carvalho Freitas Neto – CRB-4 – 1767

S237a Santos, Rosiellen Leite Palmeira dos.

Análise fitoquímica e avaliação da presença de lectina e da atividade sobre a susceptibilidade e formação de biofilme bacteriano e fúngico do extrato do colmo do bambu (*Guadua angustifolia*) / Rosiellen Leite Palmeira dos Santos. – 2024.

95 f. : il color.

Orientador: Francis Soares Gomes.

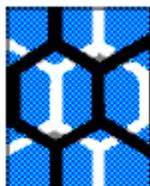
Dissertação (Mestrado em Química e Biotecnologia) – Universidade Federal de Alagoas. Programa de Pós-Graduação em Química e Biotecnologia. Maceió, 2024.

Bibliografia: f. 73-94.

Anexo: f. 95.

1. Lectinas. 2. Compostos fitoquímicos. 3. *Guadua angustifolia*. 4. Anti-infecciosos. I. Título.

CDU: 661.16:633.584.5



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
INSTITUTO DE QUÍMICA E BIOTECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA E BIOTECNOLOGIA



BR 104 Km14, Campus A. C. Simões
Cidade Universitária, Tabuleiro dos Martins
57072-970, Maceió-AL, Brasil
Fone: (82) 3214-1144
Email: ppgqb@iqb.ufal.br

FOLHA DE APROVAÇÃO

Membros da Comissão Julgadora da Defesa de dissertação da mestranda **Rosiellen Leite Palmeira dos Santos** intitulada: “**Análise fitoquímica e avaliação da presença de lectina e da atividade sobre a susceptibilidade e formação de biofilme bacteriano e fúngico do extrato do colmo do bambu (*Guadua angustifolia*)**”, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Química e Biotecnologia da Universidade Federal de Alagoas no dia 30 de outubro de 2024, às 13h30, por meio de *videoconferência*.

Maceió, 30 de outubro de 2024.

Comissão Examinadora:

Documento assinado digitalmente



REGIANNE UMEKO KAMIYA

Data: 01/11/2024 10:45:43-0300

Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Dra. REGIANNE UMEKO KAMIYA, UFAL
Examinador(a) Externo(a) ao Programa

Documento assinado digitalmente



HUGO JUAREZ VIEIRA PEREIRA

Data: 01/11/2024 14:36:30-0300

Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Dr. HUGO JUAREZ VIEIRA PEREIRA, UFAL
Examinador(a) Interno(a)

Documento assinado digitalmente



FRANCIS SOARES GOMES

Data: 31/10/2024 15:53:24-0300

Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Dr. FRANCIS SOARES GOMES, UFAL
Presidente

Dedico este trabalho aos meus pais, Antonia e Antonio, por
todo amor, carinho e orações.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por tudo o que Ele tem feito na minha vida, por estar sempre comigo e por ter me concedido saúde pra conseguir lutar pelos meus sonhos e objetivos.

Ao meu esposo e companheiro Ricardo Alexandre por me incentivar, apoiar e me ajudar sempre em todas as situações da minha vida.

Aos meus pais Antonio e Antonia por estarem sempre em oração torcendo por mim em tudo que eu faço.

A minha tia e pastora Cícera a qual eu amo muito e sempre me incentivou nessa minha jornada acadêmica e espiritual.

A minha irmã Mayara por estar sempre se alegrando por cada conquista realizada. E as minhas irmãs Silma e Ruth por estarem me motivando e torcendo por mim.

A minha Tia Maria, e as minhas primas Sarah e Geise por todo carinho, e gentileza.

E as minhas amigas de longas datas Thainá, Maria Clara e Neidinha por toda amizade, lealdade e por me ouvirem e me motivarem quando muito precisei.

A minha amiga de faculdade de vários anos Marta Angelo por ter me acompanhado e me ensinado durante todo esse processo da minha pesquisa.

Ao meu orientador Prof. Dr. Francis Soares por ser um excelente professor, orientador e um exemplo de ser humano paciente e gentil.

Prof. Dr. Hugo Juarez e a Prof^a. Dr^a Regianne Umeko Kamiya pela gentileza de aceitar o convite em participar da minha banca.

A Dra. Pollyanna Michelle da Silva pela parceria desse trabalho.

A todos do Laboratório (LAMP), pelos momentos descontraídos onde tive o privilégio de me sentir bem e acolhida, e principalmente as minhas amigas Marta Angelo e Anyelly Gomes pela parceria e amizade. E espero logo passar no doutorado para fazer parte do nosso novo Lab (LBBProt).

A agência de fomento (CAPES) por todo apoio financeiro para realização dessa pesquisa.

A todos que fizeram parte da minha vida de forma direta ou indireta nessa trajetória!

Muito Obrigada!

“Deus marcou o tempo certo para cada coisa.”

- Eclesiastes 3:11

Resumo

Plantas medicinais são vegetais usados para prevenir, tratar e aliviar doenças, baseando-se em seus componentes bioativos e desde tempos antigos, as civilizações têm explorado as propriedades curativas das plantas. O Brasil detém a maior diversidade florestal de bambu nativo das Américas e dentre as espécies identificadas tem-se a *Guadua angustifolia*. Extratos e lectinas isoladas de vegetais têm apresentado propriedades antimicrobianas à diferentes espécies de fungos e bactérias e por esse motivo tem sido estudado por diversos grupos de pesquisas, as quais podem assumir diversos papéis biológicos. Metabólitos secundários são compostos orgânicos produzidos por plantas que desempenham funções diversas sendo amplamente estudados por suas propriedades de combate a microrganismos patogênicos. O presente estudo buscou caracterizar o extrato do colmo da *G. angustifolia* e analisar sua atividade antimicrobiana. Os procedimentos experimentais consistiram na: preparação do extrato bruto (20% p/v) da *G. angustifolia*, ensaio da atividade hemaglutinante, teste de inibição à carboidratos, análise fitoquímica, determinação de concentração proteica, cromatografia de afinidade, dosagem de fenóis, Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE) e ensaio antimicrobiano. O tampão Tris-HCl 50 mM, pH 8,0 apresentou a melhor condição de extração, onde a fração 0-20% demonstrou a maior atividade hemaglutinante de 128 HAU/mg. Considera-se que a lectina presente no extrato possui capacidade de se ligar a N-acetilglicosamina, D-maltose e fetuína. Foi encontrado em 41,6 mg/mL do extrato de *G. angustifolia* um teor de fenóis totais de $2,07 \pm 0,08$ µg de EAG/g de extrato. A determinação por CLAE mostrou a presença de ácido p-cumárico, ácido gálico, catequina, ácido 2-cumárico, cumarina e resveratrol. A amostra testada demonstrou ação frente a cepas bacterianas *E. coli*, *P. aeruginosa* e *S. Aureus* os valores de CIM foram de 7,5, 15, 60 µg/mL respectivamente. Em relação às cepas fúngicas *C. neoformans* (H99), *C. albicans*, *C. krusei*, *C. parapsilosis* com valores de CIM de 7,5, 30, 60, 120 µg/mL respectivamente. O extrato inibiu a formação de biofilme em 40% para *C. albicans* e em 50% para *C. neoformans* (B3501) nas concentrações de 7,5 e 60 µg/mL.

Palavras-chaves: Lectina. Metabólitos secundários. *Guadua angustifolia*. Atividade antimicrobiana.

ABSTRACT

Medicinal plants are vegetables used to prevent, treat and alleviate diseases, based on their bioactive components and since ancient times, civilizations have explored the healing properties of plants. Brazil has the greatest forest diversity of native bamboo in the Americas and among the identified species is *Guadua angustifolia*. Extracts and lectins isolated from plants have shown antimicrobial properties to different species of fungi and bacteria and for this reason have been studied by several research groups, which can assume different biological roles. Secondary metabolites are organic compounds produced by plants that perform diverse functions and are widely studied for their properties to combat pathogenic microorganisms. The present study sought to characterize the stem extract of *G. angustifolia* and analyze its antimicrobial activity. The experimental procedures consisted of: preparation of the crude extract (20% w/v) of *G. angustifolia*, hemagglutinating activity assay, carbohydrate inhibition test, phytochemical analysis, determination of protein concentration, affinity chromatography, phenol measurement, chromatography High Efficiency Liquid (HPLC) and antimicrobial test. The 50 mM Tris-HCl buffer, pH 8.0 presented the best extraction condition, where the 0-20% fraction demonstrated the highest hemagglutinating activity of 128 HAU/mg. It is considered that the lectin present in the extract has the ability to bind N-acetylglucosamine, D-maltose and fetuin. A total phenol content of 2.07 ± 0.08 μg EAG/g extract was found in 41.6 mg/mL of *G. angustifolia* extract. HPLC determination showed the presence of p-coumaric acid, gallic acid, catechin, 2-coumaric acid, coumarin and resveratrol. The tested sample showed action against bacterial strains *E. coli*, *P. aeruginosa* and *S. Aureus* the MIC values were 7.5, 15, 60 $\mu\text{g}/\text{mL}$ respectively. Regarding the fungal strains *C. neoformans* (H99), *C. albicans*, *C. krusei*, *C. parapsilosis* with IMC values of 7.5, 30, 60, 120 $\mu\text{g}/\text{mL}$ respectively. The extract inhibited biofilm formation by 40% for *C. albicans* and 50% for *C. neoformans* (B3501) at concentrations of 7.5 and 60 $\mu\text{g}/\text{mL}$.

Key words: Lectin. Secondary metabolites. *Guadua angustifolia*. Antimicrobial activity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Bambu <i>Guadua angustifolia</i>	20
Figura 2 – Identificação ilustrativa de partes de um bambu lenhoso.....	21
Figura 3 – Esquema ilustrativo do complexo lectina-ligante, através do Domínio de Reconhecimento a Carboidratos – DRC.....	24
Figura 4 – Classificação estrutural das lectinas de plantas e seu DRC.....	26
Figura 5 – Esquema representando aglutinação de eritrócitos realizada por lectinas.....	27
Figura 6 – Coleta da <i>Guadua angustifolia</i>	38
Figura 7 – Moinho de facas utilizado para trituração do colmo desidratado <i>G. angustifolia</i> (A); Pó obtido do colmo desidratado da <i>G. angustifolia</i> (B).....	39
Figura 8 – Ensaio da Atividade Hemaglutinante (A) e ensaio de inibição da atividade hemaglutinante por carboidratos (B).....	44
Figura 9 – Cromatografia líquida em coluna de quitina.....	45
Figura 10 – Gráfico da cromatografia em coluna de quitina.....	54
Figura 11 – CLAE da amostra.....	57
Figura 12 – Formação de biofilme e crescimento bacteriano.....	68
Figura 13 – Formação de biofilme e crescimento fúngico.....	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Diversas aplicações biotecnológicas das lectinas.....	28
Tabela 2 – Precipitação salina.....	43
Tabela 3 – Teste hemaglutinante e quantificação proteica do extrato.....	50
Tabela 4 – Concentração proteica e AH das frações (método 1)	51
Tabela 5 – Teste de inibição da AH por carboidratos e glicoproteínas.....	52
Tabela 6 – Análise qualitativa dos principais componentes fitoquímicos do extrato aquoso de <i>G. angustifolia</i>	55
Tabela 7 – Conteúdo fenólico do extrato.....	56
Tabela 8 – Concentração mínima bactericida.....	59
Tabela 9 – Concentração mínima fungicida.....	60
Tabela 10 – Valores da dosagem do extrato e fração realizados na avaliação antimicrobiana (método 1)	60
Tabela 11 – Concentração proteica e AH das frações (método 2)	61
Tabela 12 – Valores de dosagem proteica do extrato realizado na avaliação antimicrobiana (método 2)	62
Tabela 13 – Valores de concentração inibitória mínima (CIM) do extrato do colmo de <i>G. angustifolia</i> para bactérias Gram-positivas e Gram-negativas.....	63
Tabela 14 – Valores de concentração inibitória mínima (CIM) e concentração fungicida mínima (CFM) do extrato do colmo de <i>G. angustifolia</i> para leveduras.....	64

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AH - Atividade Hemaglutinante

AHE - Atividade Hemaglutinante Específica

CECA - Centro de Ciências Agrárias

CLAE - Cromatografia Líquida de Alta Eficiência

CBM - Concentração Bactericida Mínima

CFM - Concentração Fungicida Mínima

CIM - Concentração Inibitória Mínima

CN - Controle negativo

DRC - Domínio de Reconhecimento de Carboidrato

DO – Densidade óptica

EAG - Equivalentes de ácido gálico

EB - Extrato bruto

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

GaL - Lectina da *G. angustifolia*

HAU/mg – Unidade de Atividade Hemaglutinante/miligrama

ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade

Mg - Miligrama

UFAL - Universidade Federal de Alagoas

UFC/mL - Unidade de formação de colônias / mililitro

UFPE – Universidade Federal de Pernambuco

SDB - Sabouraud dextrose ágar

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 Uso de plantas medicinais	16
2.2 Bambus: conceitos e aspectos históricos	19
2.3 Bambus: aspectos botânicos	20
2.4 <i>Guadua angustifolia</i> Kunth	21
2.5 Bambu e suas aplicações	22
2.6 Lectinas: conceitos e aspectos históricos	24
2.6.1 Classificação de lectinas.....	25
2.6.1.1 Merolectinas.....	25
2.6.1.2 Hololectinas.....	25
2.6.1.3 Quimerolectinas.....	25
2.6.1.4 Superlectinas.....	25
2.7 Atividade antimicrobiana	29
2.7.1 Atividade antimicrobiana das Lectinas.....	30
2.7.1.1. Bactérias.....	32
2.7.1.2. Fungos.....	34
2.8 Metabolismo de plantas	35
3 OBJETIVOS	37
3.1 Objetivo geral	37
3.2 Objetivos específicos	37
4 METODOLOGIA	38
4.1 Obtenção das amostras <i>G. angustifolia</i>	38
4.2 Preparo do extrato bruto do colmo desidratado da <i>G. angustifolia</i>	39
4.3 Análise fitoquímica qualitativo do extrato do colmo da <i>G. angustifolia</i>	40
4.3.1 Testes para fenóis, taninos pirogálicos e taninos flobatênicos.....	40
4.3.2 Teste para leucoantonocianidinas, catequinas e flavanonas.....	40
4.3.3 Testes para flavonóis, flavanonóis e xantonas.....	41
4.4 Dosagem de Fenóis	41

4.5 Identificação de metabólitos secundários no extrato por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE).....	41
4.6 Ensaio de atividade hemaglutinante.....	42
4.7 Precipitação com sulfato de amônio (NH₄)₂SO₄ a partir do extrato bruto da <i>G. angustifolia</i>.....	42
4.8 Determinação da Concentração de Proteína.....	43
4.9 Testes de Inibição a Carboidratos.....	44
4.10 Cromatografia líquida por afinidade.....	44
4.11. Ensaios Antimicrobianos.....	45
4.11.1 Cepas bacterianas.....	46
4.11.2 Cepas fúngicas.....	46
4.11.3 Ensaio antibacteriano e antifúngico - Determinação da concentração inibitória mínima (CIM) e da concentração bactericida/fungicida mínima (CBM/CFM).....	47
4.11.4 Inibição da formação de biofilme.....	48
4.12 Análise estatística.....	49
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	50
5.1 Meio de extração e quantificação proteica do extrato da <i>G. angustifolia</i>.....	50
5.2 Fracionamento salino do extrato da <i>G. angustifolia</i>.....	51
5.3 Teste de inibição frente a carboidratos e glicoproteínas.....	52
5.4 Cromatografia de afinidade.....	53
5.5 Análise fitoquímica do extrato aquoso do colmo da <i>G. angustifolia</i>.....	55
5.6 Dosagem de fenóis.....	56
5.7 Identificação de metabólitos secundários por – CLAE.....	57
5.8 Determinação da concentração mínima bactericida/fungicida.....	59
5.9 Inibição da formação de biofilme.....	66
6. CONCLUSÃO.....	71
7. PERSPECTIVAS.....	72
8. REFERÊNCIAS.....	73
9. ANEXO.....	95

1. INTRODUÇÃO

A utilização de plantas medicinais vem sendo usada pelos seres humanos desde o período paleolítico, há 60.000 anos (ROCHA et al, 2015).

Os produtos naturais são alvo de diversas pesquisas pois mostram-se contendo uma grande diversidade de compostos com diversas propriedades físico-químicas e biológicas. Essa utilização de plantas com o objetivo curativo provém da medicina asiática, permanecendo até os dias atuais como exemplo, temos a medicina tradicional chinesa e a ayurveda indiana até os sistemas de saúde indígenas das Américas, e dentre as grandes variedades de plantas utilizadas por eles, encontramos os bambus que são aplicados no tratamento de diversas enfermidades como febres, hipertensão, doenças cardiovasculares, e em processos de desintoxicação. (WRÓBLEWSKA et al, 2018).

O uso de plantas medicinais além de suas aplicações tradicionais, a pesquisa moderna tem revelado a eficácia de muitas dessas plantas, integrando-as a tratamentos convencionais e reconhecendo seu valor na farmacologia e na terapia complementar. Essa crescente conscientização sobre a sustentabilidade e a eficácia dos tratamentos naturais tem levado a um renascimento do interesse em plantas medicinais, hoje, elas são estudadas e utilizadas não apenas em farmácias e suplementos, mas também em práticas de saúde e bem-estar integrativas, refletindo uma busca contínua por tratamentos que respeitem a natureza e promovam uma abordagem holística à saúde. (BALKRISHNA et al., 2024).

O bambu também conhecido como taboca ou taquara é uma gramínea de ampla distribuição geográfica (DRUMOND; WIEDMAN, 2017). As espécies de bambu são usadas pelo homem desde a origem da nossa civilização, estando presente em diversas áreas, como construção, ornamentos e decoração, utensílios domésticos e entre outros. (LIESE, 1998; CHIN, 2021). Existem 1.300 espécies de bambu no mundo, o Brasil possui a maior diversidade florestal de bambu nas Américas, com cerca de 200 espécies, entre nativas e exóticas, sendo a grande maioria endêmica. (DRUMOND; WIEDMAN, 2017).

Dentre essa diversidade de espécies, encontramos a *guadua angustifolia* uma das variedades mais fascinantes e valiosas de bambu, notável por suas características distintas e sua importância ecológica e econômica. Originário das regiões tropicais da América do Sul, especialmente do Brasil, Colômbia e Equador, a *guadua* é reconhecido

por seu rápido crescimento e sua estrutura robusta, o que o torna uma escolha popular para diversas aplicações. Em termos de sustentabilidade, o bambu da espécie *Guadua angustifolia* é um recurso valioso devido à sua capacidade de regeneração rápida e ao seu baixo impacto ambiental em comparação com outras formas de madeira. Seu cultivo e uso responsável contribuem para a preservação de ecossistemas e o desenvolvimento de comunidades locais. (DRUMOND; WIEDMAN, 2017; OLIVEIRA, 2019).

Na grande maioria dos organismos vivos, sobretudo em vegetais encontramos um grupo de proteínas classificadas como lectinas, as quais vêm se destacando pela sua grande distribuição no reino animal e vegetal e, principalmente, pelas suas aplicações. As lectinas abrangem um grupo de proteínas com pelo menos um domínio não catalítico e a habilidade de se ligar reversivelmente a carboidratos simples ou complexos por meio de interações fracas (SHARMA et al, 2017).

As lectinas têm como definição serem proteínas que possuem a habilidade de se ligar a carboidratos específicos não alterando a estrutura do ligante (REID et al, 2022). Desempenham papéis variados em processos biológicos, como imunidade, crescimento celular e desenvolvimento. Elas estão presentes em muitas plantas, animais e microrganismos, e têm atraído atenção significativa devido às suas propriedades bioativas e potenciais aplicações terapêuticas. Por poderem ser proteínas com altas taxas de expressão em plantas e que podem ter ação sobre outros organismos vivos, as lectinas continuam sendo estudadas, ganhando grande importância científica em diversos campos do conhecimento (POVINELI, 2002; RADHAKRISHNAN, 2021).

Diversos vegetais têm sido utilizados com fins profiláticos e curativos de infecções e atualmente muitos trabalhos vêm sendo realizados em busca de novas plantas com atividade antimicrobiana (VAOU, 2021).

As propriedades antimicrobianas de plantas medicinais são um campo de estudo em expansão, revelando como diversos extratos vegetais podem inibir ou matar microrganismos patogênicos, como bactérias, fungos e vírus. Muitos estudos têm demonstrado que plantas possuem compostos bioativos, como alcaloides, flavonoides, taninos e terpenos, que exercem atividades antimicrobianas significativas. Essas propriedades antimicrobianas de substâncias que as plantas contêm como produtos de

seu metabolismo secundário vem sendo identificadas empiricamente durante séculos, mas só recentemente que estão sendo confirmadas cientificamente (DUARTE, 2006).

Pesquisadores estudam a atividade biológica de plantas medicinais derivadas de diversas regiões do mundo, orientados pelo uso popular das espécies nativas, contudo, os microrganismos que causam prejuízos à saúde humana estão se mostrando resistentes à maioria dos antimicrobianos conhecidos, o que incentiva ainda mais a procura por antibióticos de evento natural; Extratos de plantas mostraram-se eficientes no controle do crescimento de uma ampla variedade de microrganismos, incluindo fungos e bactérias (VAOU, 2021).

Dessa forma a presente investigação objetiva, de maneira geral, caracterizar o extrato e a fração do colmo da *G. angustifolia* e avaliar seu potencial antimicrobiano contra fungos e bactérias.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O uso de plantas medicinais

O uso de plantas medicinais é uma prática muito antiga, vem sendo utilizada desde os primórdios até meados do século XVII, pois, seu uso era o único meio de tratamento, devido à inexistência de medicamentos e conhecimentos científicos na elaboração de substâncias específicas para tratar a saúde das pessoas por doenças existentes na época (OLIVEIRA, 2016; BETTEGA, 2017). As plantas medicinais são uma fonte de vários agentes terapêuticos que ganharam a atenção da comunidade científica, uma vez que apresentam propriedades terapêuticas e compostos bioativos (EMEJE; et al 2024).

As plantas possuem uma grande quantidade de compostos, e a estes denominamos princípios ativos, podendo ser caracterizados como micro ou macronutrientes a depender de seu peso molecular e estrutura química podendo ser classificados como metabólitos de origem primária ou secundária. Diversas moléculas biologicamente ativas de interesse biológico, farmacológico, médico e biotecnológico, estão nos vegetais, inclusive plantas medicinais usadas há séculos por diversas gerações e povos asiáticos, africanos, europeus e no Brasil, principalmente, pelos indígenas (OLIVEIRA, 2016).

O Brasil é o país com a maior biodiversidade em fauna do mundo, possuindo a maior diversidade genética vegetal do planeta, tendo em vista as dezenas de espécies que estão sendo catalogadas como novas diariamente. Sabe-se que muitas destas espécies existentes nos biomas brasileiros são classificadas como endêmicas, o que reforça a importância no cuidado e exploração sustentável dessa riqueza. Após o início do século XX, o uso de plantas medicinais foi marginalizado e vulgarizado por não conter um embasamento científico, e logo os fitoterápicos foram substituídos por alopáticos. Contudo muitas comunidades e povos continuaram a manter por anos e até os dias atuais, a inclusão das práticas de saúde baseadas na fitoterapia (OLIVEIRA, 2016; BETTEGA, 2017).

Em países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento, o uso de medicamentos naturais apresenta grande relevância, principalmente nas regiões de difícil acesso aos serviços de saúde. Em decorrência a essas características, o comércio de medicamentos fitoterápicos vem aumentando consideravelmente, atingindo uma taxa anual média de

15 % (LIMA et al, 2017). Todavia, o preparo e uso de produtos de origem vegetal para fins curativos podem acarretar sérios danos, quando manipulados inadequadamente, uma vez que algumas plantas apresentam substâncias tóxicas para o organismo humano. Desta forma, torna-se necessário o conhecimento sobre os compostos químicos e suas possíveis ações biológicas, visando confirmar cientificamente os benefícios e assegurar a utilização pela população (SILVA, 2015).

A fitoterapia é uma palavra de origem grega, *phito* (plantas) e *terapia* (tratamento), é caracterizada pela prática do uso de plantas, ou de suas estruturas, com a finalidade de prevenir, aliviar ou curar um processo patológico. É a terapia baseada no uso de fitoterápicos com produtos farmacêuticos de origem vegetal, devidamente avaliados quanto à sua qualidade, eficácia e segurança de uso. Sua incorporação como abordagem de tratamento e até mesmo para prevenção de doenças baseia-se na medicina controlada, cujos medicamentos são devidamente estudados. O uso de plantas medicinais e fitoterápicas vem sendo difundido pela Organização Mundial de Saúde desde 1978, no qual se originou um programa mundial para estimular o uso de métodos da chamada medicina tradicional (LIMA, 2024).

A fitoterapia, ou o uso de plantas medicinais para tratar doenças, é profundamente enraizada em práticas etnomedicinais, refletindo um conhecimento tradicional acumulado ao longo de gerações. O desenvolvimento e a busca por estas práticas tradicionais visam fornecer remédios ou práticas seguras e eficazes para a obtenção da saúde (GOMES, 2014). Enquanto os remédios provêm de partes dos vegetais como, por exemplo, folhas frescas ou secas, inteiras ou partidas em pedaços menores, utilizadas nos chás, infusões, tinturas; os medicamentos fitoterápicos, são produtos tecnicamente mais elaborados e a apresentação final para uso é sob a forma de comprimidos, cápsulas, xaropes (BRASIL, 2006).

No Brasil, ainda com o incentivo das mídias e das indústrias farmacêuticas para a utilização de medicamentos industrializados, a maioria da população utiliza ainda de práticas complementares para cuidar da saúde, como o uso das plantas medicinais utilizadas para aliviar e/ou curar algumas enfermidades, principalmente em regiões de difícil acesso, onde muitas famílias recorrem ao uso de fitoterápicos e alguns povos os têm como único recurso para saúde (COSTA, 2018).

Muitos tecidos das plantas têm sido utilizados para fins medicinais e curativos, as quais são usadas na preparação de remédios e de medicamentos fitoterápicos. tais como sementes, raízes, caules, cascas, folhas e frutos. Estes, por sua vez, são de origem extrativista. São comercializados in natura em grande parte em feiras livres, bancas de condimentos e ervas. Embora muitos produtos processados sejam ofertados em farmácias de manipulação, onde a matéria-prima provém predominantemente da atividade extrativista, no entanto é observado uma pequena produção e cultivo nas denominadas farmácias vivas (OLIVEIRA, 2016).

Embora muitas plantas tenham sido utilizadas com sucesso na medicina popular, nem todas têm suas propriedades terapêuticas comprovadas cientificamente. No entanto, o uso tradicional continua a ser uma importante fonte de inspiração para pesquisas farmacológicas modernas (RASOOLI et al, 2020).

Muitos fitoterápicos são estudados para entender seus mecanismos de ação, eficácia e segurança. Esses estudos podem levar ao desenvolvimento de medicamentos alopáticos baseados em componentes naturais. Muitas drogas alopáticas modernas têm suas origens em compostos encontrados em plantas. Por exemplo, a aspirina (ácido acetilsalicílico) foi desenvolvida a partir da salicina, um composto encontrado na casca do salgueiro, outro exemplo é a digoxina, usada para tratar doenças cardíacas, vem da planta *Digitalis* (Dedaleira) (REZABAKHSH et al, 2021).

A fitoterapia muitas vezes oferece uma perspectiva holística sobre o tratamento de doenças, que pode ser complementada ou integrada com abordagens alopáticas para criar estratégias de tratamento mais abrangentes. Alguns medicamentos alopáticos são desenvolvidos a partir de fitoterápicos tradicionais, mas com formulações e técnicas modernas que melhoram a eficácia e a segurança. (ABBASIJAHRAMI et al, 2020).

A fitoterapia serve como uma rica fonte de inspiração e base para a alopatia, ajudando na descoberta de novos medicamentos, desenvolvimento de formulações e validação de eficácia e segurança. A integração entre fitoterapia e alopatia continua a evoluir, com pesquisas recentes reforçando a importância dessa interação para o avanço da medicina (ATANASOV et al, 2021).

Estas características demonstram a extrema importância à continuidade e a necessidade de novos estudos que visam o esclarecimento não só científico mais da

comunidade em geral, sobre as potencialidades das moléculas biologicamente ativas nessas plantas de interesse popular, em sua maioria ainda desconhecidos, e uma vez que essas moléculas sejam descobertas e descritas pelos seus mais diversos potenciais biológicos, estas passarão a ter maior valorização, ascensão e proteção pela comunidade, além de ser mais uma fonte no meio científico e popular de forma responsável (NETO et al, 2021).

2.2 Bambus: conceitos e aspectos históricos

Os bambus são um grupo admirável de plantas (Figura 1) reconhecidos através de suas características morfológicas, anatômicas, macromoleculares e ecológicas (AKINLABI, 2017) e classificados em *Bambusoideae*, uma das 12 subfamílias de *Poaceae* (SORENG et al, 2015).

O bambu apresenta facilidade na propagação vegetativa, alta produção de biomassa, fácil manuseio e multifuncionalidade, o qual reúne um conjunto de características químicas, físicas e mecânicas distintas permitindo assim, que seus elementos estruturais sejam empregados nas mais variadas funcionalidades (AKINLABI, 2017).

O bambu é uma planta da família das gramíneas, subfamília *Bambusoideae*, que é dividida em duas tribos: *Bambuseae*, com espécimes de maior porte e colmos lenhosos; e *Olyreae* com espécies de menor porte, herbáceo. O bambu possui folhas que se afinam nas pontas (acuminadas) e flores a princípio verdes, as quais depois se tornam amareladas decrescendo da base para cima, assumindo forma de pirâmide (DRUMOND; WIEDMAN, 2017).

Uma gramínea da Família das *Poaceae*, o bambu, possui 120 gêneros e mais de 1600 espécies identificadas com propriedades exploradas nas mais diversas áreas (SORENG et al, 2015). O Brasil está relatado na Lista das Espécies da Flora do Brasil (LEFB, 2018) 258 espécies de bambus nativos, sendo identificados 35 gêneros distribuídas em: 16 gêneros de bambu do tipo herbáceo e 19 gêneros do tipo lenhoso (FILGUEIRAS et al, 2017).

Estudos já foram publicados acerca das propriedades biológicas dos Bambus salientando atividade antioxidante (GAGLIANO, 2022) atividade antimicrobiana (PRANG,

2020) atividade neuro protetora (YI, 2021), além do mais, já foi analisada a composição química de algumas espécies indicando a presença de compostos como polifenóis, flavonoides (BAJWA, 2021) antocianinas e polissacarídeos (GUANGJING, 2018).

Figura 1: Bambu *Guadua angustifolia*.



Fonte: acervo da autora, 2024.

2.3 Bambus: aspectos botânicos

A *Guadua angustifolia*, é um bambu lenhoso presente na América Central e do Sul (PEREIRA, 2008; MUÑOZ-LÓPEZ, 2021). É conhecido por ser a melhor espécie no mundo associada a durabilidade e resistência, o gênero *Guadua* é composto por bambus lenhosos de médio e grande porte, atingindo mais de 30 metros de altura e 15 centímetros de diâmetro, ele se diferencia facilmente pela presença de espinhos nos nós, cujo número e formato variam entre as espécies. São reconhecidas 19 espécies nativas, distribuídas em todo o Brasil (FILGUEIRAS et al, 2017).

Em sua estrutura (Figura 2) é uma espécie que apresenta raiz entouceirada, crescimento acelerado em média de 30 cm ao dia presença de espinhos e uma faixa esbranquiçada na região do nó ao longo do colmo, apresenta também amadurecimento após 3 anos de idade, e se retirados apropriadamente, sua reprodução pode ser aumentada no ano seguinte (AZEVEDO et al, 2012; FILGUEIRAS et al, 2017).

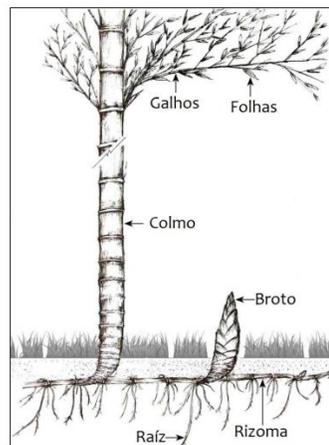
O bambu pode ser dividido em raiz, caule, folhas e inflorescências a parte aérea do caule, como em todas as gramíneas, é denominada colmo. Os colmos são formados

por nós, entrenós e gemas e apresentam rica diversidade de forma, podendo ser sólidos, fistulosos ou medulosos, eretos, arqueados, apoiantes ou escandentes (DRUMOND; WIEDMAN, 2017).

Diversas características diferenciam bambus lenhosos e os bambus herbáceos resumidamente nos bambus lenhosos podem ser citados os colmos que são ricos em lignina e mais rígidos, enquanto bambus herbáceos são bem menos lignificados e podem ser quebrados com as mãos (AZEVEDO et al, 2012; FILGUEIRAS et al, 2017).

A morfologia do bambu é bem peculiar, sendo que a planta cresce por meio de rizomas subterrâneos dos quais saem as raízes e os colmos. A riqueza e a diversidade morfológica dos bambus são a base do conhecimento sobre sua taxonomia, e seu entendimento é essencial para reconhecimento de espécies (DRUMOND; WIEDMAN, 2017).

Figura 2: Identificação ilustrativa de partes de um bambu lenhoso.



Fonte: adaptado de SONG et al, 2016.

2.4 *Guadua angustifolia* Kunth

Em 1822 o gênero *Guadua* foi descrito por Karl Sigismund Kunth, concluiu-se que novos Bambus americanos identificados inicialmente como pertencentes ao gênero *Bambusa Schreb*, apresentavam características suficientes para formar um novo gênero. A presença de folhas em formato triangular na qual a margem da bainha e lâmina são geralmente contínuos; presença de uma distinta faixa de tricomas brancos acima e

abaixo da linha nodal; são algumas das características que diferenciam *Guadua* de outros gêneros (LONDOÑO, 2002).

Os maiores Bambus lenhosos são as *Guaduas* as quais se destacam de outros gêneros nativos e contribuem para a manutenção do ambiente conservando o solo contra os efeitos da erosão protegendo a fauna e a flora (LONDOÑO, 2002).

A *Guadua angustifolia* Kunth, é uma espécie de bambu tropical amplamente conhecida por sua importância ecológica e econômica. Originária da América do Sul, especialmente de países como Brasil, Colômbia e Equador, essa planta tem se destacado por suas propriedades únicas e aplicações diversas. Importante espécie de bambu lenhoso de grande distribuição na região Amazônica, é bastante utilizada nas áreas da construção civil, arquitetura, proteção do ecossistema assim como apresenta benefícios devido a presença de metabólitos secundários presente no broto, colmo e folhas (CALEGARI et al, 2007; HOSSAIN et al, 2013).

Um aspecto específico e importante para o ecossistema, é que as suas raízes subterrâneas detêm a capacidade de armazenar água, de maneira que um hectare dessa espécie pode acumular até 30.000 litros de água (ROJAS QUIROGA et al, 2013). É amplamente utilizada na construção civil (GHAVAMI et al., 2017) onde as suas fibras possuem características semelhantes às fibras naturais, as quais são substituídas das fibras sintéticas bem como substituto da madeira, (MARÍN, 2011; GRECO, 2011).

2.5 Bambu e suas aplicações

Denominado como madeira do futuro, o bambu se apresenta como uma matéria prima versátil onde expressa diversas aplicações. O Bambu é uma planta que possui diversas funcionalidades, encontra-se utilidade em diversas áreas desde construção civil, artesanato, agricultura, alimentação e até mesmo na indústria de papel. Na Ásia tornou-se popular o emprego dos colmos para embalar alimentos pois acreditava-se que os mesmos ao serem embalados com esse material eram preservados (CARVALHO et al, 2021).

Estudos demonstram que os colmos de bambu contêm diversos compostos com atividade antimicrobiana, o que pode explicar sua eficácia na conservação e resistência a degradação. Esses compostos incluem flavonoides, saponinas, e outros fitoquímicos que

têm a capacidade de inibir o crescimento de bactérias e fungos. Shen e Wang (2024) conduziram uma pesquisa detalhada sobre as propriedades antimicrobianas dos extratos de bambu. Eles identificaram que os extratos de bambu contêm substâncias que apresentam atividade antimicrobiana significativa, o que pode estar associado à sua capacidade de preservação. O estudo encontrou que os extratos de bambu demonstram eficácia contra uma variedade de patógenos bacterianos e fúngicos, sugerindo que o bambu possui propriedades naturais que ajudam a prevenir o crescimento de microrganismos que poderiam levar à deterioração do material (SHEN; WANG, 2024).

Há séculos, o bambu é conhecido e utilizado no Oriente para as mais abrangentes funções do cotidiano: alimento, estruturas de casas, telhas, portas e janelas, utensílios de cozinha, objetos de decoração, cercas, pontes, irrigação, drenos, embarcações, entre outras (DRUMOND; WIEDMAN, 2017), na China usam o bambu de várias formas, por exemplo, pontes de bambu, agricultura, artesanato e outros (CARVALHO et al, 2021).

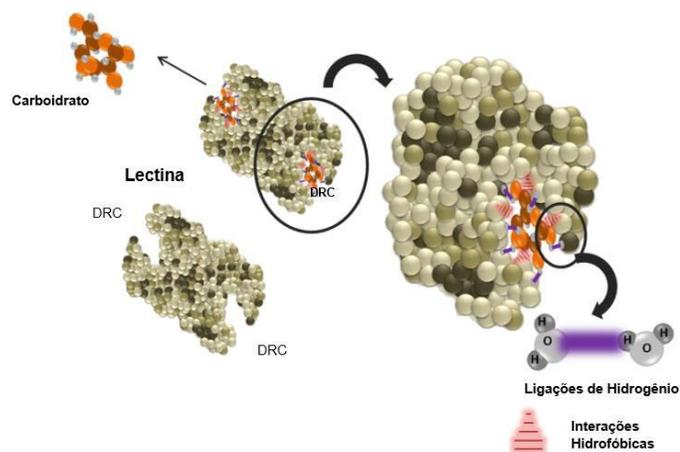
O uso do bambu na Ásia, que data de mais de 5.000 anos, é amplamente documentado, refletindo sua importância cultural e funcional na região. O bambu é conhecido por sua versatilidade e tem sido empregado em uma variedade de aplicações, com mais de 4.000 usos identificados (XU et al, 2022).

A estrutura do bambu possui mais de três mil finalidades, desde a área agrônômica (SILVA; PEREIRA, 2012); conservação e recuperação de áreas degradadas, artesanato (CORREIA et al., 2017); na fabricação de móveis (PEREIRA, 2012); introdução do bambu na culinária: pois o broto de bambu é rico em nutrientes como proteína vegetal, fibras, aminoácidos, cálcio, fósforo, vitaminas B1, B2 e C, o consumo regular deste produto estimula os movimentos peristálticos do estômago e intestino, previne e cura doenças cardiovasculares e cânceres e reduz a gordura e a pressão sanguínea (AMARAL et al, 2021); na área da produção têxtil (NAYAK, 2016), na prevenção da erosão do solo (ZHOU et al, 2005) e na proteção de animais, atuando como abrigo para aves (YEASMIN et al, 2015).

2.6 Lectinas: conceitos e aspectos históricos

As lectinas são um grupo de proteínas que possuem pelo menos um domínio não catalítico e a capacidade de se ligar reversivelmente e especificamente a carboidratos simples ou complexos através de interações de ligações de hidrogênio e interações de Van der Waals, que ocorrem no domínio de reconhecimento de carboidratos da lectina (Figura 3) (SHARMA et al, 2017).

Figura 3: Esquema ilustrativo formando complexo lectina-ligante, através de Domínio de Reconhecimento a Carboidratos – DRC.



Fonte: Adaptado de SANTOS, 2020.

As lectinas são de origem não imune, existindo em animais e também em organismos que não possuem sistema imunológico, como plantas, possuindo a habilidade de promover aglutinação das células (SANTOS et al, 2014; PROCÓPIO et al, 2017). Lectinas são encontradas na maioria das espécies, sendo principalmente bem conhecidas nos tecidos vegetais, executando uma ampla gama de papéis biológicos (ADAMUDE et al, 2019). Nos vegetais, as lectinas são extraídas em diferentes estruturas como: semente, raiz, tubérculos, cerne, rizoma, casca, flores e folhas (KAUR et al, 2006).

Lectinas são também reconhecidas como uma classe de proteínas heterogêneas oligoméricas variando em estrutura, organização molecular, tamanho e sítios de ligações

a açúcares. As lectinas vegetais podem ser estruturalmente classificadas em merolectinas, hololectinas, quimerolectinas e superlectinas (Figura 4). Esta compreensão leva em conta, a presença ou não de sítios catalíticos de afinidade a carboidratos na própria molécula proteica (PROCÓPIO et al, 2017).

2.6.1 Classificação de lectinas

2.6.1.1 Merolectinas

As Merolectinas apresentam um único sítio de reconhecimento a carboidrato, conhecidas por serem monovalentes. Devido à sua natureza monovalente, este grupo de lectinas não aglutinam células, pois, seria necessário ter pelo menos dois domínios de ligação à carboidratos (PEUMANS & VAN DAMME, 2010).

2.6.1.2 Hololectinas

As Hololectinas apresentam pelo menos dois ou mais sítios idênticos de ligação a carboidratos, são lectinas completas, consistindo em unidades múltiplas que formam uma estrutura funcional capaz de reconhecer e se ligar a carboidratos específicos. Elas são efetivas na aglutinação celular e na modulação de respostas biológicas (PEUMANS & VAN DAMME, 2010).

2.6.1.3 Quimerolectinas

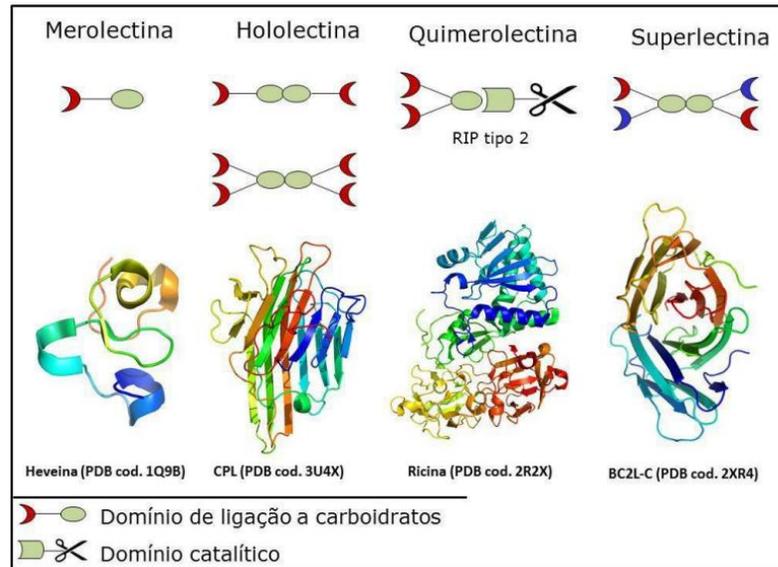
As Quimerolectinas apresentam um ou mais domínios independentes e de função biológica distinta. Análises de sequências de genomas de plantas completas revelaram que as quimerolectinas são muito abundantes em plantas, dependendo do número de sítios de ligações a carboidrato, as quimerolectinas podem apresentar um comportamento similar à de uma merolectina ou hololectina (CAVADA et al, 2006).

2.6.1.4 Superlectinas

As superlectinas dispõem de pelo menos dois sítios de ligações a carboidratos, os quais se ligam a dois tipos de carboidratos estruturalmente diferentes. São lectinas com alta afinidade e especificidade para carboidratos, e possuem múltiplos sítios de ligação que conferem a capacidade de formar complexos grandes. Elas têm aplicações em

pesquisas e na indústria farmacêutica devido à sua precisão no reconhecimento de carboidratos (LEHMANN et al., 2021).

Figura 4 - Classificação estrutural das lectinas de plantas e seu DRC.



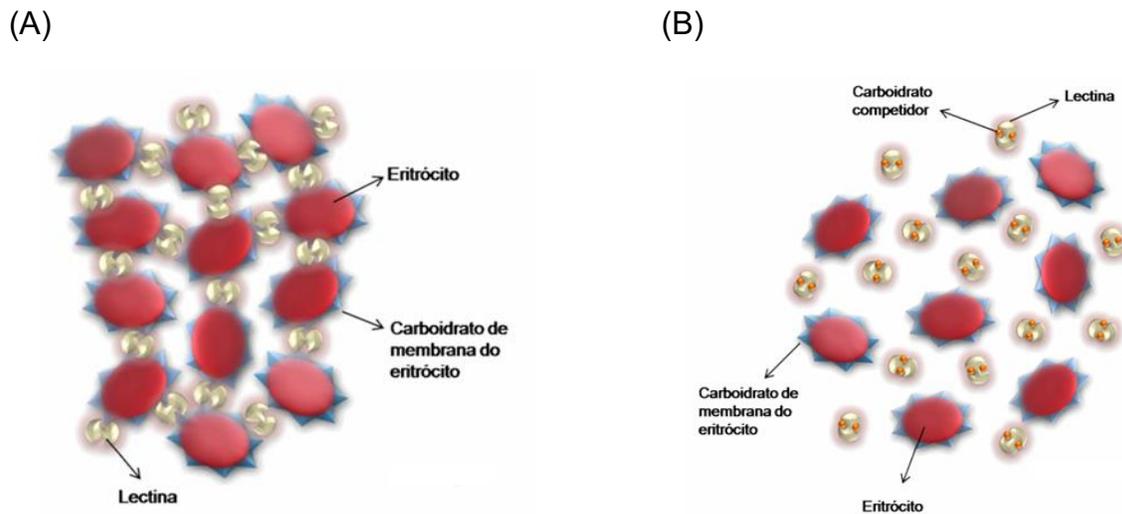
Fonte: Adaptado de CAVADA et al., 2001.

Devido a sua capacidade em realizar pontes com carboidratos e glicoproteínas que estão presentes em solução ou ligadas as membranas de células, as lectinas são facilmente identificadas ao realizar um ensaio de aglutinação, podendo ser utilizado eritrócitos de humanos ou animais (SINGH, 2016).

O ensaio de hemaglutinação (Figura 5A) utiliza placa de micro titulação, onde é realizado uma diluição seriada da amostra contendo a lectina. Esse ensaio é a forma mais simples e rápida de detectar lectinas em uma amostra, isto por que as lectinas aglutinam eritrócitos por reconhecer os carboidratos da superfície celular, formando uma rede reticulada (SANTOS et al, 2014). Nesse teste, é realizado uma diluição seriada da amostra em uma solução contendo carboidrato ou glicoproteína livre antes da incubação com eritrócitos. Esse teste define a especificidade da lectina a carboidratos (PAIVA et al., 2013). Para realizar a confirmação de que o agente hemaglutinante (AH) é uma lectina, são necessários testes de inibição da atividade hemaglutinante (Figura 5B). É

considerado o carboidrato específico aquele que resulta na maior inibição da hemaglutinação.

Figura 5: Esquema representando aglutinação de eritrócitos realizada por lectinas. Rede de aglutinação formada pela ligação de uma lectina aos carboidratos da superfície dos eritrócitos (A). Inibição da formação da rede de aglutinação por carboidratos livres (B).



Fonte: BEZERRA, 2009.

Devido a um aumento do potencial biotecnológico que essas lectinas representam e a diversidade da fauna e flora brasileira, as quais ainda se encontram desconhecidas quanto as suas potencialidades, novas lectinas estão sendo identificadas, isoladas, caracterizadas e avaliadas quanto as suas atividades biológicas. Grande parte das lectinas tem sua biossíntese realizada nos ribossomos das células, seguindo para o retículo endoplasmático sendo transportada para o complexo de Golgi onde são armazenados em vacúolos (SÁ et al, 2009).

Devido a enorme variabilidade estrutural e ao fato de serem encontradas em uma ampla gama de espécies, já foram identificadas diversas propriedades funcionais para essa classe de proteínas, podendo-se destacar as atividades biológicas anti-inflamatórias, antitumorais, inseticidas, antifúngicas e antibacterianas (CAVADA et al,

2020; FONTENELLE et al, 2018; PALHARINI et al, 2017; MACEDO et al, 2015; PAIVA et al, 2010; GOMES et al, 2014)

A partir dos estudos dessas atividades biológicas (Tabela 1) tem identificado diversas aplicações em diferentes áreas como: na ciência básica, biotecnologia, medicina, bioquímica, biologia celular e molecular (FERNANDES, 2012; FARIAS, 2013).

Tabela 1: Diversas aplicações biotecnológicas das lectinas.

ÁREAS	APLICAÇÕES	REFERÊNCIAS
BIOQUÍMICA	Identificação de grupos sanguíneos (ABO humano)	WU et al, 2023
BIOMARCADOR	Marcadores de superfície celular	CHENG et al, 2008; POIROUX et al, 2017; ISLÃ et al, 2023.
ANTIFÚNGICA	Diminuição na absorção de nutrientes e germinação de esporos	CERELLA et al, 2021; PRACHI et al, 2021.
INFLAMAÇÃO	Lectinas com capacidades pró-inflamatórias e anti-inflamatórias	MOTA et al, 2006; BITENCOURT et al, 2008. LEITE et al, 2012;
ANTICOAGULANTE	Prolongamento do tempo de ativação parcial da protrombina e tromboplastina	GUPTA et al, 2012. LUZ et al, 2013. KAVIYARASI et al, 2021.
FARMACOLOGIA	Uso de lectinas como carreadoras de drogas	ANJALI et al, 2004. LI et al, 2008. OLIVEIRA et al, 2020.
ANTIVIRAL	Interferência na replicação e crescimento do vírus	HAMID et al, 2013. WIGGINS et al, 2024

Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

2.7 Atividade antimicrobiana

As doenças em países em desenvolvimento estão relacionadas com a desnutrição, falta de saneamento básico, e dificuldade de acesso aos medicamentos (Al-Worafi et al, 2024; OMS, 2023).

A atividade antimicrobiana refere-se à capacidade de substâncias ou agentes em inibir o crescimento de microrganismos patogênicos ou matá-los. Esse campo é crucial na prevenção e tratamento de infecções causadas por bactérias, fungos, vírus e parasitas. As pesquisas atuais estão explorando uma variedade de fontes e métodos para desenvolver novas estratégias antimicrobianas, incluindo novos antibióticos, técnicas de modulação da resposta imune e o uso de produtos naturais. Muitos produtos naturais, incluindo fitoterápicos e compostos derivados de plantas, têm mostrado atividade antimicrobiana significativa (Newman 2016).

Ao longo dos anos os microrganismos patogênicos estão desenvolvendo resistência aos antimicrobianos comumente utilizados e apresentam risco a saúde pública (YAP et al, 2014). Muitos estudos vêm sendo desenvolvidos e direcionados à descoberta de novos agentes antimicrobianos procedentes de extratos vegetais e produtos naturais, com a finalidade de descobrir compostos com atividade comparada à dos utilizados convencionalmente, porém, com menor toxicidade, mais eficazes contra a resistência de micro-organismos patogênicos e com menor impacto ambiental (BONA et al., 2014).

A avaliação do potencial antimicrobiano de extratos de plantas medicinais brasileiras contra microrganismos resistentes é um campo de pesquisa relevante, especialmente considerando a crescente preocupação com a resistência antimicrobiana. Alguns estudos como exemplo Volpato (2022) investiga em identificar extratos como *Cariniana rubra* Gardiner ex Miers, *Senna martiniana*, *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan e *Spiranthera odoratissima* St. Hil. com potencial para combater infecções causadas por microrganismos que apresentam resistência a antibióticos convencionais.

Com uma estrutura química diferente dos antibióticos sintéticos, os compostos vegetais podem regular o metabolismo intermediário de patógenos, ativando ou bloqueando reações e síntese enzimática ou mesmo alterando a estrutura de membranas

(MICHELIN et al., 2005). A pesquisa por novas substâncias capazes de controlar o crescimento bacteriano é essencial.

O biofilme é um aglomerado de microrganismos, como bactérias, envolto em uma matriz polimérica extracelular rica em carboidratos, proteínas e ácidos nucleicos. Esse conjunto pode aderir a superfícies vivas ou inertes, apresentando características fenotípicas distintas das células planctônicas, o que o torna uma importante causa de infecções e resistente a tratamentos (DONLAN & COSTERTON, 2002). A formação de biofilmes é um processo sequencial em três fases: a fase inicial, que envolve a aderência a um substrato e a adesão entre células; a fase intermediária, caracterizada pela proliferação celular e aumento da população patogênica; e a fase de maturação, onde se desenvolvem estruturas invasivas (FLEMMING ET AL., 2016).

Biofilmes bacterianos são comunidades estruturadas de microrganismos aderidos a superfícies, cercados por uma matriz extracelular composta de polímeros produzidos pelos próprios microrganismos. Eles representam um desafio significativo para a medicina e a indústria devido à sua resistência a tratamentos antimicrobianos e ao sistema imunológico. As bactérias aderem a superfícies, se multiplicam e produzem uma matriz extracelular que protege a comunidade. A compreensão desses processos é crucial para desenvolver estratégias eficazes para a prevenção e controle de infecções (FLEMMING et al, 2016).

A formação de biofilmes bacterianos, proporcionam a essas bactérias uma maior resistência à antimicrobianos e assim consigam proliferar em diversos ambientes, sejam eles industriais, hospitalares, ou no próprio indivíduo acarretando assim diversas doenças (MOURA, 2019). Por isso que na atualidade há uma necessidade de buscar novas plantas que apresentem essa atividade antimicrobiana.

2.7.1 Atividade antimicrobiana das lectinas

As proteínas antimicrobianas são essenciais tanto em plantas quanto em animais para defesa contra patógenos. Elas desempenham papéis cruciais nos mecanismos de defesa inata, contribuindo para a proteção e resposta a infecções (SETH et al, 2020).

Em plantas, as proteínas antimicrobianas, também conhecidas como proteínas antimicrobianas vegetais (PAVs), são uma das principais defesas contra patógenos como

bactérias, fungos e vírus. Elas funcionam através de diversos mecanismos, incluindo a degradação de componentes da parede celular dos patógenos e a inibição de processos vitais dos microrganismos (VAN LOON et al., 2006).

Em animais, as proteínas antimicrobianas são componentes chave do sistema imune inato. Elas atuam rapidamente para identificar e neutralizar patógenos, muitas vezes antes que o sistema imune adaptativo possa responder. Essas proteínas incluem peptídeos antimicrobianos (PAMPs), como defensinas e catelicidinas, que podem destruir a membrana celular dos patógenos e recrutar células do sistema imunológico para o local da infecção (SCHMIDT, 2019).

As plantas são fonte de diversos compostos que possuem ação comprovada contra microrganismos (CIMANGA et al, 2011). Portanto, muitas substâncias, até mesmo as lectinas, estão sendo estudadas quanto ao seu efeito antimicrobiano.

As lectinas são proteínas que se ligam especificamente a carboidratos e desempenham um papel crucial na interação com a parede celular bacteriana. A parede celular de muitas bactérias Gram-positivas é composta por um heteropolímero chamado peptidoglicano, que é essencial para a integridade estrutural da célula bacteriana, essa capacidade que as lectinas tem de interagirem com carboidratos presentes na superfície de bactérias, impedem a mobilidade e o crescimento das mesmas. Essa interação pode modificar a estrutura da bactéria e a permeabilidade de sua membrana (SETH et al, 2020).

Lectinas que se ligam à quitina são um grupo importante de proteínas que desempenham papéis críticos em várias funções biológicas e têm atraído atenção significativa na pesquisa estrutural devido à sua estabilidade e capacidade de ligação, essa estabilidade está relacionada ao alto teor de ligações dissulfeto intracadeia oferecendo rigidez e estabilidade em uma ampla faixa de pH e temperatura. A quitina, um polímero de N-acetilglicosamina, é um componente estrutural comum em fungos e exoesqueletos de artrópodes, e as lectinas que se ligam a ela são valiosas para estudar interações proteína-polímero e desenvolver novas aplicações biotecnológicas (BESSA et al, 2022).

Lectinas interagem com carboidratos inicialmente presentes na parede celular bacteriana. O peptidoglicano é um polímero linear formado por unidades alternadas de

ácido N-acetilglucosamina (GlcNAc) e ácido N-acetilmurâmico (MurNAc), conectadas por ligações β 1-4. Essas unidades são ligadas entre si formando uma rede complexa que é reforçada por ligações cruzadas de peptídeos. Esta estrutura confere rigidez à parede celular, impedindo a turgescência e o rompimento da célula bacteriana devido à pressão osmótica (SETH et al, 2020).

Lectinas que interagem com carboidratos presentes na parede celular bacteriana podem reconhecer e se ligar aos componentes específicos do peptidoglicano. Essa interação é importante para a detecção de patógenos e pode desempenhar um papel na modulação da resposta imune ou no desenvolvimento de terapias antimicrobianas (De Schutter, 2015).

As lectinas desempenham papéis importantes na interação com esporos fúngicos, interagindo com carboidratos, como polissacarídeos e glicoproteínas, presentes na superfície dos esporos. Essas interações afetam a absorção e o transporte de nutrientes essenciais, prolongando o período latente antes da germinação. Durante a germinação, os esporos necessitam de nutrientes específicos para iniciar e sustentar o crescimento, o que significa que as lectinas influenciam esse processo (CONINCK, 2021).

2.7.1.1 Bactérias

As bactérias, como representantes dos seres procarióticos, foram selecionadas na natureza pela sua elevada capacidade de adaptar-se ao ambiente que as cercam, em virtude de sua grande taxa de multiplicação, bem como por sua elevada taxa metabólica. Desta forma, estes seres particulares foram e ainda são utilizados no estudo de técnicas genético-moleculares e análises bioquímicas, que vêm sendo empregadas nos diferentes campos da microbiologia (MOREIRA et al, 2015). Essas características fazem das bactérias organismos-modelo ideais para estudos científicos e aplicações biotecnológicas.

As bactérias são notáveis por sua capacidade de adaptar-se rapidamente a mudanças em seu ambiente. Essa adaptabilidade é facilitada por mecanismos como mutação genética, recombinação horizontal e regulação gênica dinâmica. Essas características permitem que as bactérias colonizem uma variedade de nichos

ecológicos, desde ambientes extremos até organismos multicelulares (MILLER et al, 2019).

As bactérias são organismos unicelulares e procarióticos que pertencem ao reino Bactéria. Elas desempenham papéis cruciais em diversos ecossistemas e interagem de maneira complexa com outros seres vivos, tanto em associações benéficas quanto prejudiciais. Sua classificação é baseada em várias características, sendo a constituição da parede celular uma das mais importantes, especialmente quando se considera a coloração de Gram, que divide as bactérias em dois grupos principais: Gram-positivas e Gram-negativas (GOMES, 2013).

A classificação das bactérias em Gram-positivas e Gram-negativas é fundamental para a microbiologia e a compreensão das propriedades estruturais e funcionais dessas células. A diferença na composição da parede celular entre esses dois grupos é uma das principais características utilizadas para distingui-los e entender seu comportamento biológico e sua resposta a tratamentos antimicrobianos (GOMES, 2013).

As bactérias Gram-positivas e Gram-negativas diferem principalmente na estrutura da parede celular. As Gram-positivas possuem uma parede celular espessa, composta predominantemente por peptidoglicano, que retém o corante cristal violeta durante a coloração de Gram, resultando em uma coloração roxa. Em contraste, as Gram-negativas têm uma parede celular mais fina, também contendo peptidoglicano, mas coberta por uma membrana externa rica em lipopolissacarídeos, o que faz com que não retenham o cristal violeta e apareçam coradas de rosa após a contra coloração (MADIGAN, et al, 2016).

Essas diferenças estruturais influenciam a resposta das bactérias a antibióticos e a sua patogenicidade. As Gram-positivas são geralmente mais suscetíveis a antibióticos que atuam na parede celular, enquanto as Gram-negativas tendem a ser mais resistentes devido à sua membrana externa. Além disso, as Gram-positivas produzem principalmente exotoxinas, enquanto as Gram-negativas contêm endotoxinas, que podem causar reações inflamatórias significativas. Essas características têm implicações importantes no tratamento de infecções bacterianas (KANG, et al, 2016).

2.7.1.2 Fungos

Os fungos são conhecidos por sua capacidade de decompor matéria orgânica, fixar nutrientes e formar associações simbióticas com plantas e outros organismos. Além de sua importância ecológica, os fungos têm aplicações significativas na indústria e medicina, mas também podem causar doenças em humanos e plantas (HOLLAND et al., 2021).

Os fungos são organismos heterotróficos que podem ser unicelulares ou pluricelulares. Os fungos unicelulares vivem como células isoladas e desempenham papéis importantes em ecossistemas naturais e têm várias aplicações práticas em indústrias e biotecnologia como na fermentação e produção de alimentos e bebidas (VOIGT et al, 2021).

Os fungos pluricelulares são caracterizados pela formação de estruturas filamentosas denominadas hifas, que se organizam para formar uma rede conhecida como micélio. Essa estrutura é fundamental para a nutrição e a reprodução dos fungos, além de desempenhar um papel crucial na interação com o ambiente e outros organismos. (LÜCKING et al, 2022).

A parede celular dos fungos é uma estrutura complexa e essencial para a manutenção da forma, proteção e integridade celular. É composta principalmente por polissacarídeos e proteínas, com a quitina sendo um dos principais componentes estruturais na maioria dos fungos. Em alguns casos, outros polissacarídeos, como a celulose, também podem estar presentes, dependendo da espécie e do tipo de fungo (LÜCKING et al, 2022).

Os fungos desempenham um papel crucial na manutenção dos ecossistemas devido à sua função como decompositores primários da matéria orgânica. Juntamente com as bactérias heterotróficas, eles são responsáveis pela decomposição de materiais complexos, como a lignina, e pela reciclagem de nutrientes. Este processo é essencial para a saúde e o equilíbrio dos ecossistemas, contribuindo para a sustentabilidade ambiental e possuindo também implicações econômicas significativas (HOLLAND et al., 2021).

A decomposição libera dióxido de carbono para a atmosfera e devolve para o solo os compostos nitrogenados e outras substâncias. Os nutrientes liberados durante a

decomposição são reutilizados por plantas e outros organismos. Esse ciclo é vital para a fertilidade do solo e para a saúde das plantas, que, por sua vez, sustentam a cadeia alimentar para animais e outros organismos (LÜCKING et al, 2022).

Os fungos atuam como um elo de ligação entre os componentes bióticos (organismos vivos) e abióticos (elementos não vivos) do meio ambiente, ajudando a manter o equilíbrio dos ecossistemas (VOIGT et al, 2021).

2.8 Metabolismo de plantas

As plantas produzem uma grande diversidade de produtos químicos que podem ser classificados como metabólitos primários e secundários. Os metabólitos primários são aqueles compostos que todas as plantas produzem e que estão diretamente envolvidos no desenvolvimento e crescimento. Neles estão inseridos carboidratos, proteínas, aminoácidos e ácidos nucleicos, possuem baixa atividade biológica, ocorrem continuamente no vegetal, pois participam do processo de fotossíntese, de respiração e do transporte de solutos (BARBOSA, 2017). São responsáveis pela função estrutural, plástica e de armazenamento de energia e são responsáveis por fornecer as moléculas que servem de base ao metabolismo secundário (WINK, 2003).

Metabólitos secundários são compostos orgânicos produzidos por organismos vivos, principalmente plantas, fungos e bactérias, que não são essenciais para a sobrevivência direta e crescimento dos organismos, mas desempenham papéis importantes em suas interações ecológicas e adaptações. Eles incluem uma vasta gama de substâncias químicas que são frequentemente utilizados em defesa contra predadores, patógenos e competição, e em atração de polinizadores ou dispersores de sementes. Os metabólitos secundários são também de grande interesse na farmacologia e na indústria devido às suas propriedades bioativas e potenciais aplicações terapêuticas (TAIZ, 2017).

Os metabólitos secundários apresentam baixo peso molecular, estrutura complexa, alta atividade biológica, baixas concentrações e contribuem para a diferenciação de espécies (PEREIRA, 2012). Os metabólitos secundários, são altamente específicos e desempenham um papel importante na evolução dos vegetais e na interação com os seres vivos. Em geral, pertencem a uma das três principais classes de

moléculas: terpenos, compostos fenólicos e nitrogenados. Esses compostos geralmente estão relacionados com a proteção dos vegetais a estresses bióticos e abióticos além de serem comercialmente utilizados pelas indústrias biofarmacêutica, de corantes e aromas (RASKIN et al, 2002).

Outra característica dos vegetais em relação ao metabolismo secundário é a elevada capacidade Biosintética, tanto em relação ao número de substâncias produzidas quanto a diversidade em uma mesma espécie (FERRERA et al, 2016). A síntese desses metabólitos é influenciada por diferentes condições ambientais como temperatura, macro e micronutrientes do solo, estado de desenvolvimento da planta, disponibilidade hídrica e intensidade de radiação solar (GREAY, 2015).

As extensas atividades metabólicas desses produtos secundários atuam na defesa das plantas, como resposta a ameaças de herbívoros, através de atividade neurotóxica ou como agentes atrativos como aroma, cor, sabor, para polinizadores (WINK, 2003).

As atividades biológicas dos metabólitos secundários de plantas contribuíram para que essas fossem utilizadas há séculos na medicina popular atuando na prevenção, tratamento e cura de doenças (BRAIBANTE et al, 2014).

As substâncias bioativas das plantas com efeitos terapêuticos são chamadas de princípios ativos e apresentam uma variedade de estruturas moleculares, essas cadeias carbônicas podem apresentar vários grupos funcionais sendo organizados em diferentes classes conforme as semelhanças químicas. O uso destes compostos é utilizado de várias formas tais como: uso farmacológico, aromatizantes, alucinógenos, venenos, pesticidas (FUMAGALI et al, 2008).

A análise fitoquímica possibilita identificar os grupos de metabólitos secundários relevantes em diferentes amostras contribuindo para elucidação dos mecanismos de ação e aplicação de extratos vegetais nas mais diferentes áreas de interesse biotecnológico (FERREIRA, 2014).

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Caracterizar e analisar a atividade antimicrobiana do extrato do colmo da *G. angustifolia*.

3.2 Objetivos específicos

- ✚ Obter o extrato bruto do colmo do Bambu (*G. angustifolia*)
- ✚ Realizar fracionamento proteico do extrato bruto
- ✚ Determinar a concentração de proteína do extrato e frações
- ✚ Determinar o teor de fenóis totais do extrato bruto
- ✚ Identificar metabólitos secundários do extrato
- ✚ Confirmar a presença de lectina e caracterizá-la quanto à especificidade de interação com carboidratos
- ✚ Avaliar o efeito do extrato no crescimento e sobrevivência de bactérias e fungos patogênicos a humanos.
- ✚ Avaliar o efeito do extrato sobre a formação de biofilme bacteriano e fúngico.

4. METODOLOGIA

4.1 Obtenção das amostras *G. angustifolia*

Foram coletados os colmos da *G. angustifolia* (Figura 6) do Banco de Germoplasma do Centro de Ciências Agrárias (CECA) da UFAL, localizado no município de Rio Largo, no Campus Delza Gitáí.

Dessas amostras que foram coletadas, foram retirados os colmos para secagem e para esse processo, eles foram expostos à temperatura ambiente durante 15 dias. O material vegetal seco foi moído com auxílio de um moinho de facas e peneirado (SL-32 Solab científica – peneira de 18 mesh) (Figura 7).

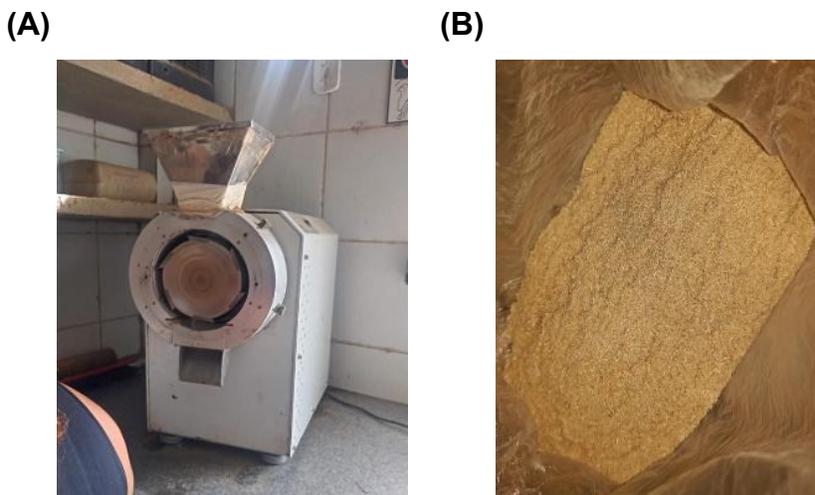
A obtenção do material vegetal foi autorizada pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio; processo n. 75928-1) e pelo Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado (SIGGEN; processo n. A7B527A).

Figura 6: Coleta da *Guadua angustifolia*.



Fonte: acervo da autora, 2024.

Figura 7: Moinho de facas utilizado para trituração do colmo desidratado *G. angustifolia* (A); Pó obtido do colmo desidratado da *G. angustifolia* (B).



Fonte: acervo da autora, 2024.

4.2. Preparo do extrato bruto do colmo desidratado da *G. angustifolia*

Foi pesado 10 g de pó do colmo desidratado do bambu, (pesado em balança analítica - Marte AY220) o qual foi adicionado em 50 mL da seguinte solução de extração: tampão Tris HCl 50 mM pH 8,0.

A solução de extração foi mantida sob agitação constante durante 16 horas a temperatura de 4°C (agitador magnético IKA IKAMAG C-MAG H57), para evitar desnaturação das proteínas contidas no meio de extração.

O próximo passo seguiu-se por dois métodos:

Método 1:

O extrato bruto foi centrifugado (HERMLE- Z236K) por 15 min a 15000 g a 4° C para retirada do material particulado do meio. Por fim, o sobrenadante foi armazenado em tubo Falcon para análises posteriores.

Método 2:

O extrato bruto foi colocado na membrana semipermeável com poro de 10 kDa e concentrado com polietilenoglicol (PEG), que tem a capacidade de absorber água. Logo

após esse processo o extrato foi ressuspendido com tampão Tris HCl 50 mM pH 8,0. Esse método de concentração do extrato foi necessário para realizar a avaliação antibacteriana. A amostra precisava estar mais concentrada.

4.3 Análise fitoquímica qualitativa do extrato do colmo da *G. angustifolia*

Para identificar classes de compostos oriundos do metabolismo secundário no extrato aquoso de *G. angustifolia*, foi realizado uma análise fitoquímica qualitativa, conforme descrito por Matos (1988), sendo utilizado para cada processo metodológico o volume de 3 mL para a prospecção fitoquímica. Baseado na metodologia adotada foi possível realizar a prospecção de compostos fenólicos, taninos, antocianinas e antocianidinas, flavonas, flavonóis, xantonas, chalconas, auronas, flavononóis, leconantocianidinas, catequinas, flavononas, esteroides, triterpenoides e saponinas.

As reações qualitativas foram avaliadas por meio da mudança de coloração decorrente da presença ou ausência dos compostos citados e, as análises, realizadas em triplicata.

4.3.1 Testes para fenóis, taninos pirogálicos e taninos flobatênicos

Em um tubo de ensaio foram adicionadas três gotas de solução alcoólica de cloreto férrico (FeCl_3) e, após leve agitação, foi verificada a formação de precipitado e/ou mudança de coloração, como indicativo da presença/ausência dos compostos investigados (fenóis, taninos pirogálicos e taninos flobatênicos). A coloração entre o azul e o vermelho é indicativa da presença de fenóis; ao passo que o precipitado escuro de tonalidade azul confirma a presença de taninos pirogálicos (hidrolisáveis). Finalmente, a formação da coloração verde representa indicativo da presença de taninos flobafênicos (taninos condensados ou catéquicos). Para comparação foi realizado teste em branco utilizando apenas água e o cloreto férrico.

4.3.2 Teste para leucoantonocianidinas, catequinas e flavanonas

Para esta análise, foram preparadas duas soluções, uma ajustada a pH 2 com adição de HCl (0,1M) e o outra alcalinizada pH 11 pela adição de NaOH (0,1M). Ambas

foram aquecidas com o auxílio de uma lamparina de álcool durante 3 min, onde posteriormente foi observada a variação na coloração, como indicativo da presença ou ausência dos compostos secundários.

4.3.3 Testes para flavonóis, flavanonóis e xantonas

Em um tubo de ensaio contendo extrato aquoso da *G. angustifolia*, foi adicionado uma fita de magnésio e 1 mL de HCl concentrado. Após o término da reação, indicada pela efervescência, esta alíquota foi comparada com a alíquota acidulada do teste anterior 4.3.2. O surgimento ou a intensificação de cor vermelha indica a presença de flavonóis, flavononas, flavanonóis e/ou xantonas, livres ou seus heterosídeos.

4.4 Dosagem de fenóis (teste quantitativo)

Para quantificar os fenóis presentes nas amostras foi utilizado o método de Folin Ciocalteu (CICCO et al, 2009) com adaptações. Em um tubo de ensaio foram adicionados 120 µL da amostra, acompanhado de 300 µL de Folin Ciocalteu. Inicialmente construiu-se uma curva de calibração, reagindo-se o ácido gálico com o reagente de Folin Ciocalteu. As concentrações utilizadas para o ácido gálico foram de 1,0 - 7,0 µg /mL.

A leitura em espectrofotômetro foi feita no comprimento de onda de 760 nm, realizada em triplicata. Os resultados foram expressos em µg equivalentes de ácido gálico por grama da amostra bruta. (µg EAG/g).

4.5 Identificação de metabólitos secundários no extrato por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE)

Realizado por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) segundo o método de Ieri et al. (2011), utilizou-se como fase móvel: solvente A (ácido fórmico 0,1%) e solvente B (metanol). A coluna cromatográfica foi mantida a temperatura de 33°C coluna C18 marca Phenomenex, modelo Kinetex (250 x 4,6 mm: 5 µm) para análise. Foram utilizados dois detectores UV-vis nos comprimentos de onda de 275nm, 290nm, 320nm, 354nm e 515 nm, e o detector de fluorescência em três comprimentos de excitação e emissão (250nm:450nm; 290nm:450nm; 320nm:450). A fase móvel foi bombeada com

um fluxo de 0,4mL em um sistema gradiente iniciando com 3%. Os padrões de flavonoides utilizados foram vitexina, ácido clorogênico, ácido gálico, ácido p-cumárico, ácido 2-cumárico, quercetina, apigenina, luteolina, miricetrina, rutina, quercitrina, cacetina, crisina, hisperidina, catequina, cumarina, resveratrol. para antocianinas foram cianidina cloridrato adquiridos da extrasynthese® (Lyon Nord, France).

4.6 Ensaio de atividade hemaglutinante

Para a verificação da presença de lectina no extrato, o mesmo foi avaliado quanto a atividade hemaglutinante - AH (Figura 8A) do Extrato Bruto e da fração (F 0-20) foi realizado em placas de micro titulação de 96 poços utilizando eritrócitos de coelho, segundo a metodologia descrita por Paiva e Coelho (1992).

Uma Alíquota (50 µL) da amostra foi diluída serialmente em NaCl 0,15 M em todos os poços de interesse. O primeiro poço da esquerda foi considerado o controle negativo (CN) e ao segundo poço foram adicionados 50 µL da amostra, a qual foi feita uma diluição seriada, retirando-se 50 µL a partir desse poço e adicionando-se ao poço seguinte, e assim sucessivamente (Figura 8). Desse modo obteve-se as amostras nas diluições de 1/2, 1/4, 1/8, 1/16 até 1/2048 (títulos). Os testes foram realizados em duplicatas.

A AH (Atividade Hemaglutinante) - inverso do título, foi definida como a diluição de menor concentração das amostras que apresentou nítida aglutinação dos eritrócitos. A AHE (Atividade Hemaglutinante Especifica) foi definida pela razão entre o título e a concentração proteica (mg/mL).

4.7 Precipitação com sulfato de amônio (NH₄)₂SO₄ a partir do extrato bruto da *G. angustifolia*

Com o extrato bruto obtido a partir do colmo da *G. angustifolia*, foi realizado uma precipitação salina com sulfato de amônio, para remoção das proteínas de não interesse. O fracionamento foi realizado em diferentes etapas de precipitação, onde foi submetido a centrifugação refrigerada a 15000 xg (HERMLE- Z236K) a 4°C por 15 min. O volume inicial de extrato para a precipitação foi de 20 mL. Este procedimento foi realizado de forma lenta durante a adição do sal, e sob baixa agitação, para obter uma solubilização homogênea, e uma maior separação das proteínas em função do grau de solubilidade.

Após a precipitação, as amostras coletadas foram submetidas ao teste de atividade hemaglutinante, para confirmar em qual fração estaria concentrada a lectina.

Tabela 2: Precipitação salina.

Fração (%)	Massa de $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (g/L)
20	106
40	113
60	120
80	129
100	157

Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

4.8 Determinação da concentração de proteína

Para determinar a quantidade de proteínas presentes no EB, Extrato concentrado e na fração foi utilizado o método de Bradford (Bradford, 1976; SPEROTTO, 2014.), usando albumina de soro bovino como padrão (250-0,009 $\mu\text{g}/\text{mL}$). Foram utilizadas 10 μL das amostras (extrato bruto e fração), e 190 μL de reagente de Bradford. Em seguida, as amostras foram incubadas por 5 min, e a absorbância foi medida no espectrofotômetro a 595 nm (VARIAN CARY 50 BIO). As unidades correspondem a mg/mL de proteína.

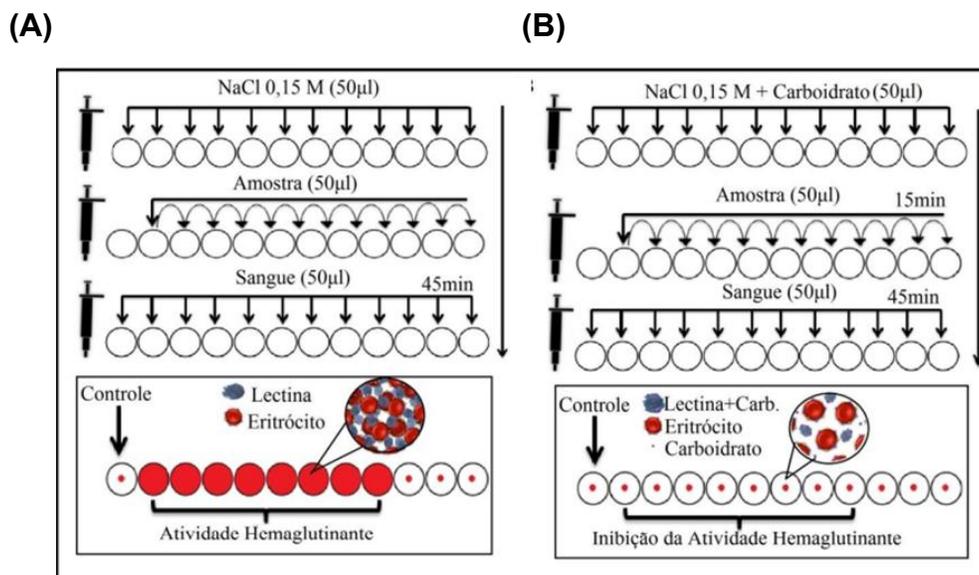
4.9 Testes de inibição a carboidratos

A especificidade das lectinas aos carboidratos geralmente é determinada pelo ensaio de inibição da hemaglutinação (Figura 8B) ou precipitação de glicoproteínas (Carvalho, et. al., 2015). Desse modo, as concentrações de soluções inibidoras foram 0,2; 0,1; 0,5 e 0,25 M para os carboidratos D-Galactose, D-Glicose, maltose, fucose, ribose, raminose, glicopirranose, piranose, D-frutose, D-arabinose, D-lactose, manose, n-acetil-monosamina, n-acetil-glicosamina, n-acetil-galactose e 500, 250 e 125 $\mu\text{g}/\text{mL}$ para glicoproteína – fetuína (GOMES et. al, 2013).

Alíquotas de 50 μL da amostra diluídas serialmente foram levadas à incubação inicial em solução de carboidrato dissolvido em NaCl 0,15 M durante 15 minutos. Logo

após, foram adicionadas 50 μ L de suspensão de eritrócitos (2,5 % v/v) nos poços de micro titulação e incubadas por um período de 45 minutos. Uma alíquota de 50 μ L da amostra diluída serialmente em igual volume de solução salina de NaCl 0,15 M incubada com 50 μ L de suspensão de eritrócitos de coelho foi usado como controle negativo.

Figura 8: Ensaio da atividade hemaglutinante (A) e ensaio de inibição da atividade hemaglutinante por carboidratos (B).



Fonte: QUEIROZ, 2017.

4.10 Cromatografia líquida por afinidade

A fração que obteve a maior atividade hemaglutinante específica obtida a partir da etapa de pré-purificação do fracionamento salino (precipitado 0-20%) foi aplicada em uma coluna cromatográfica (10 x 2,5 cm) em matriz de quitina (Figura 9) previamente hidratada com NaCl 0,15 M, seguida de 40 mL de tampão de equilíbrio Tris-HCl pH 8,0 50 mM, a um fluxo de 0,2 mL/min em 2 volumes de coluna. em seguida foi utilizado, como tampões de eluição 20 mL de Tris-HCl contendo NaCl 0,5M pH 8,0; 20 mL de ácido acético 0,5 M e 20 mL ácido acético 1 M. Foram coletadas de 2 mL, a 25°C, e em seguidas foram levadas pra leitura da absorbância em espectro a 280 nm. e avaliadas quanto à AH e dosagem proteica.

As frações que apresentaram maiores AH foram dialisadas separadamente utilizando membrana semipermeável (poros de 12 kDa) contra solução tampão Tris-HCl pH 8,0 a 4° C durante 6 horas, com trocas a cada 2 horas, para remoção do ácido acético que estavam contidos nas amostras, em seguida, foram submetidas ao processo de liofilização (modelo LS3000, Terroni científicos) por 24 horas, e por fim foi avaliada sua AH e dosagem proteica. As amostras foram ressuspendidas em 1 mL de Tris-HCl 50 mM pH 8,0 e submetidas a análise em eletroforese para verificação da pureza da amostra.

Figura 9: Cromatografia líquida em coluna de quitina.



Fonte: Acervo da autora, 2024.

4.11. Ensaio antimicrobianos

A avaliação da atividade antimicrobiana do extrato bruto (método 1), extrato concentrado (método 2) e fração foi realizada no Laboratório de Bioquímica de Proteínas do Departamento de Bioquímica da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE.

4.11.1 Cepas bacterianas

As bactérias foram fornecidas pela coleção de culturas (WDCM114) do Departamento de Antibióticos da Universidade Federal de Pernambuco.

Neste estudo foram utilizadas as espécies:

Gram negativas:

- a) *Acinetobacter baumannii* UFPEDA 1024B
- b) *Enterococcus faecalis* ATCC-6057
- c) *Escherichia coli* UFPEDA 224
- d) *Klebsiella pneumoniae* UFPEDA 396
- e) *Pseudomonas aeruginosa* UFPEDA 416
- f) *Salmonella enteritidis* UFPEDA 414

Gram positivas:

- g) *Staphylococcus aureus* UFPEDA 02
- h) *Staphylococcus saprophyticus* UFPEDA-833
- i) *Streptococcus pyogenes* ATCC 16642

As bactérias foram mantidas em Caldo Mueller Hinton contendo glicerol 10% (v/v) a 20°C. Para realização dos experimentos, as bactérias foram cultivadas em meio agar Mueller Hinton a 37°C. Em seguida, as colônias foram ressuspensas em solução salina estéril (NaCl 0,15M) e ajustadas turbidimetricamente a um comprimento de onda de 600 nm (DO_{600}) para a obtenção de suspensão bacteriana de 10^6 UFC/mL. Para o ensaio, as amostras foram filtradas em filtro de seringa PVDF 13 mm x 0,22 µm estéreis.

4.11.2 Cepas fúngicas

As espécies de *Candida* foram obtidas da coleção de culturas da Universidade do Recife Micologia, localizada no Departamento de Micologia da Universidade Federal de Pernambuco e as espécies de *Cryptococcus* do Laboratório de Fungos de Importância Médica e Biotecnológica, localizado no Centro de Biotecnologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Analogamente ao item anterior, os fungos foram mantidos em caldo Sabouraud Dextrose contendo glicerol 10% (v/v) a 20°C.

Para realização dos experimentos, os fungos em agar Sabouraud Dextrose *overnight* a 30°C. Em seguida, as colônias foram ressuspendidas em solução salina estéril (NaCl 0,15M) e ajustadas turbidimetricamente a um comprimento de onda de 600 nm (DO₆₀₀) para a obtenção de suspensão fúngica de 5×10^4 UFC/mL. Para o ensaio, as amostras foram filtradas em filtro de seringa PVDF 13 mm x 0,22 µm estéreis.

Para os testes antifúngicos foram utilizadas as espécies:

- a) *Candida albicans* URM 5901
- b) *Candida glabrata* URM 4246
- c) *Candida krusei* URM 4263
- d) *Candida parapsilosis* URM-6951
- e) *Candida tropicalis* URM-6551
- f) *Cryptococcus neoformans* (sorotipo A) H99
- g) *Cryptococcus neoformans* (Sorotipo D) B3501
- h) *Cryptococcus gattii* (Sorotipo B) R265

4.11.3 Ensaio antibacteriano e antifúngico - Determinação da concentração inibitória mínima (CIM) e da concentração bactericida/fungicida mínima (CBM/CFM)

A concentração inibitória (CIM) das amostras foram determinadas pelo ensaio de micro titulação proposto pelo Instituto de Normas Laboratoriais e Clínicas (CLSI, 2017, 2018), com algumas modificações. Para a padronização do inóculo microbiano para os testes antimicrobianos, as colônias bacterianas e fúngicas foram ressuspendidas em solução salina estéril (NaCl 0,15M) e ajustadas turbidimetricamente a um comprimento de onda de 600 nm (DO₆₀₀) para a obtenção de suspensão bacteriana de 10^6 UFC/mL e fúngica de 5×10^4 UFC/mL, respectivamente. Para os ensaios, as amostras de extratos foram filtradas em filtro de seringa PVDF 13 mm x 0,22 µm estéreis. Em placas de micro titulação de 96 poços, o extrato bruto (EB) foi adicionado (80 µl) no terceiro e quarto poço a partir do qual foi diluído seriadamente em água destilada estéril até o décimo segundo poço da mesma fileira. Posteriormente, 40 µl do meio caldo Mueller Hinton ou caldo

Sabouraud Dextrose foram adicionados em todos os poços, exceto no primeiro, que foi preenchido com 200 µl do meio de cultura, correspondendo ao controle de esterilidade.

A suspensão bacteriana (80 µl; 10^6 UFC/ml) ou fúngica (80 µl; 5×10^4 UFC/mL) foram acrescentadas do segundo poço até o último poço da fileira. O segundo poço (que contém microrganismos na ausência de antimicrobiano) correspondeu ao controle de crescimento de 100%. As placas foram incubadas a 37°C ou 30°C e a densidade óptica foi medida no tempo zero e após 24 h de incubação usando um leitor de microplacas. A concentração inibitória mínima (CIM) correspondeu a menor concentração da amostra capaz de promover a redução $\geq 50\%$ na densidade óptica, em comparação ao controle de crescimento 100%.

Para a determinação do CBM/CFM, alíquotas (10 µl) dos poços contendo concentrações das amostras \geq CIM foram inoculados em placas de petri contendo meio agar Mueller Hinton ou agar Sabouraud Dextrose, que foram posteriormente incubados a 37 °C ou 30°C por 24h. O CBM/CFM correspondeu a menor concentração da amostra capaz de reduzir o número de UFC em 99,9% em relação ao inóculo inicial. Cada ensaio foi realizado em triplicata em três experimentos independentes.

4.11.4 Inibição da formação de biofilme

As culturas microbianas foram cultivadas em meio SDB durante a noite a 28°C e depois suspensa em solução salina estéril (0,9%, p/v, NaCl) para obter uma suspensão equivalente a 10⁸ UFC/mL. A cada poço de uma microplaca de poliestireno com 96 poços foram adicionados 40 µL de meio SDB e 80 µL de suspensão microbiana, bem como 80µL de água ultrapura Milli-Q (controle). A DO₆₀₀ foi registrada neste momento e a microplaca foi incubada a 28°C por 24 horas. Após esse período, a DO₆₀₀ foi lida novamente, o meio de cultura foi retirado e os poços da placa foram lavados três vezes com solução salina. As demais células microbianas aderidas foram fixadas termicamente a 60°C por 40 min e a camada de biofilme aderente foi corada com cristal violeta 0,4% (p/v) por 15 min a 25°C. Após lavagem com água, o corante ligado ao biofilme foi solubilizado com etanol (15 min de incubação) e a absorbância foi medida a 570 nm. Três experimentos independentes foram realizados em triplicata.

4.12 Análise estatística

Os dados foram expressos como média das repetições \pm desvio padrão. ANOVA unidirecional (significância em $p < 0,05$) foi realizada utilizando o software Action 2.8.29.357.515 (Estatcamp, Brasil). Diferenças significativas entre os grupos de tratamento foram analisadas pelo teste de Tukey (significância em $p < 0,05$).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Meio de extração e quantificação proteica do extrato da *Guadua angustifolia*

A determinação do meio e as condições de extração devem ser selecionadas para uma maior solubilização e estabilização da biomolécula-alvo em sua forma ativa em solução extratora. O resultado da AH e AHE do extrato aquoso do colmo da *G. angustifolia* está apresentado na Tabela 3. A escolha do tampão seguiu a metodologia descrita por Barros (2022) que avaliou diferentes solventes sendo o Tris-HCl 50 mM pH 8,0 o que apresentou maior valor de AHE (86,486) e quantidade de proteína (0,37 mg/mL) a partir de 10g de pó do colmo do bambu.

Tabela 3: Teste hemaglutinante e quantificação proteica do extrato

MEIO DE EXTRAÇÃO	PROTEÍNA (mg/mL)	AH	AHE
Tris-HCl 50 mM pH 8,0	0,37	32	86,486

Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

O tampão Tris-HCl é amplamente utilizado em bioquímica devido à sua capacidade de manter um pH estável em condições experimentais. Na literatura existem trabalhos que utilizam o Tris como meio de extração proteica, sendo eficaz na solubilização e estabilização de proteínas. ABDULLAH (2017) compara diferentes sistemas de tampão para a extração de proteínas de tecidos vegetais e destaca a eficácia do Tampão Tris mostrando que é eficaz na extração e quantificação de proteínas. CAMPELO (2014) mostra que o Tris-HCl é utilizado como um tampão eficiente para extração de proteínas vegetais.

A identificação da AHE no extrato obtido com o colmo da *G. angustifolia* corrobora com a possibilidade da existência de lectina na amostra estudada, importante passo para confirmação da sua presença e para avaliar o potencial antimicrobiano (CHONGTHAM et al, 2022).

5.2 Fracionamento salino do extrato da *Guadua angustifolia*

Após a definição do meio de extração com maior capacidade de obtenção da lectina, essa amostra foi submetida ao processo de fracionamento salino com sulfato de amônio, como pode ser observado na tabela 4.

Tabela 4: Concentração proteica e atividade hemaglutinante das frações pelo método 1.

Amostra	Proteína (mg/ml)	AH (HAU/mg)	AHE
Extrato	0,3700	32	86,486
F1 0-20%	1,1549	128	110,832
F2 20-40%	0,380	-	-
F3 40-60%	0,292	-	-
F4 60-80%	0,228	-	-
F5 80-100%	0,0710	-	-

Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Após as etapas realizadas de fracionamento salino foi possível observar que a AHE ficou concentrada na fração 20%, sendo um valor maior quando comparada ao material de partida (extrato).

O sulfato de amônio elimina as impurezas, apresenta uma alta solubilidade e promove a remoção da camada de solvatação favorecendo a agregação dos resíduos hidrofóbicos de proteínas, resultando em precipitação, sendo importante para concentrar a amostra e realizar a pré-purificação (LUCARINI et al, 2008). Acredita-se que esse processo tenha contribuído também para a separação de proteínas de compostos do metabolismo secundário, que ficaram no sobrenadante. (SANTOS et al, 2017).

5.3 Teste de inibição frente a carboidratos e glicoproteínas

Dentre os carboidratos e glicoproteínas testados, o monossacarídeo *N*-acetilglicosamina, o dissacarídeo maltose e a glicoproteína fetuína inibiram a atividade hemaglutinante da amostra estudada, realizando uma redução da AH de 32 para 2. Os demais carboidratos testados não inibiram (NI) a atividade hemaglutinante (Tabela 5). O resultado confirma a presença de lectina no extrato e permite o uso da matriz de quitina como método cromatográfico de isolamento da lectina. A fetuína é uma glicoproteína que contém *N*-acetil-glicosamina na sua região glicídica (HU, 2020).

Tabela 5: Teste de inibição da AH presente no extrato bruto por carboidratos e glicoproteínas.

Ligante	Atividade Hemaglutinante do Extrato
D-Frutose	NI
D-Ribose	NI
D-Glicose	NI
D-Arabinose	NI
D-Fucose	NI
D-Galactose	NI
D-Manose	NI
Raminose	NI
Piranose	NI
N-acetilglicosamina	2
N-acetilmonosamina	NI
N-acetilgalactosamina	NI
D-Maltose	2
D-Lactose	NI
Fetuína (glicoproteína)	2

NI: Não inibiu

Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

O N-acetilglicosamina, é um carboidrato que pode desencadear diversas atividades biológicas. A quitina (o segundo polímero de maior abundância na natureza) é formada por N-acetilglicosamina, fazendo parte da composição exoesqueleto de insetos, parede celular de fungos, conchas e ovos de nematódeos (SANTOS, 2021). Oliveira (2018), demonstrou em sua pesquisa a ligação da lectina da *Myracrodruon urundeuva* com o carboidrato N-acetil-glicosamina, apresentando uma ação bactericida contra *S. aureus*, *E. coli* e *S. faecalis*.

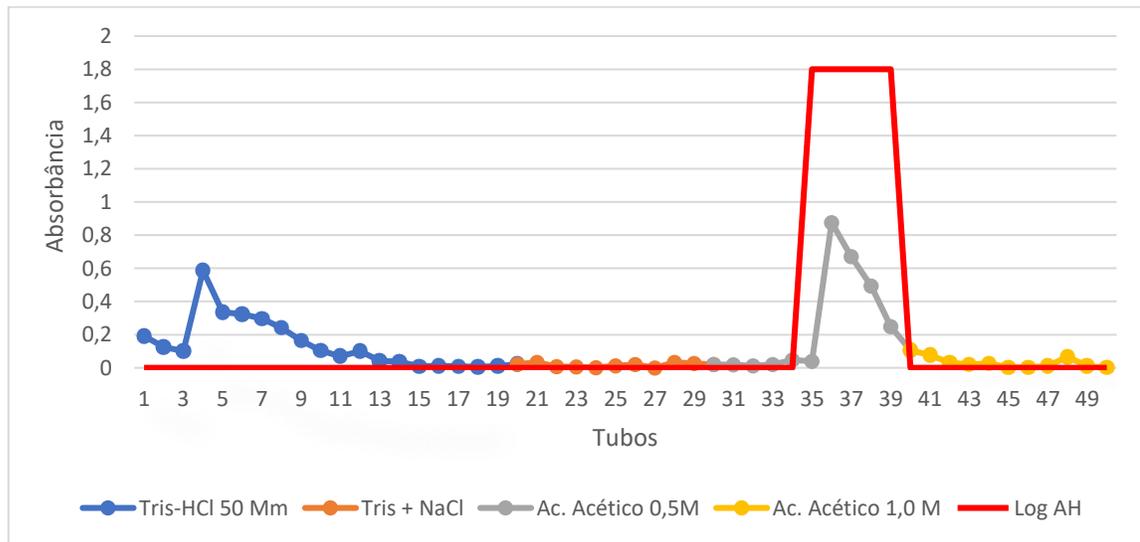
A ausência de inibição pelos demais carboidratos pode indicar que esses carboidratos não possuem as estruturas moleculares específicas necessárias para a ligação da proteína ao carboidrato (De Schutter, 2015).

5.4 Cromatografia de afinidade

A amostra ao ser submetida ao ensaio de AH apresentou um título com um valor de 128, porém, após a amostra ser submetida a diálise de 2 horas em Tris-HCl 50 mM pH 8,0 apresentou uma queda na titulação para 16, e na quantificação proteica os resultados se mostraram ineficientes, com a perda significativa da atividade. A etapa de eletroforese não foi realizada bem como a realização de diálise em membrana com menor tamanho de poro.

A fração 0-20%, foi submetida à cromatografia em coluna de quitina (Figura 10), equilibrada com Tris-HCl 50 mM pH 8,0, sendo possível observar a formação de um pico proteico com atividade hemaglutinante eluído com ácido acético 0,5 M o que indica a eficiência da técnica cromatográfica empregada.

Figura 10 – Gráfico da cromatografia em coluna de quitina.



Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

A cromatografia apresentou boa resolução, obtendo um pico em absorvância a 280 nm na mesma região que apresentou atividade hemaglutinante, nas frações 36 a 41. Os picos eluídos anteriormente ao que foi obtido com o tampão Tris-HCl, eram compostos não lectínicos, assim confirmando que a lectina teria sido adsorvida na matriz.

Foi possível identificar diversos trabalhos envolvendo a utilização de cromatografia em matriz de quitina para purificação de proteínas de origem vegetal, como a lectina MvRL (isolado do rizoma *Microgramma vacciniifolia*) (ALBUQUERQUE et al, 2012), e as lectinas de cogumelo *Boletus edulis* (REID et al, 2022). As lectinas vegetais estão entre as primeiras proteínas a serem purificadas e caracterizadas associando a técnicas de cromatografia de afinidade, sendo uma ferramenta de escolha para obter preparações altamente purificadas, permitindo a caracterização bioquímica das proteínas e determinação de suas atividades biológicas (Oliveira et al., 2018).

5.5 Análise fitoquímica do extrato aquoso do colmo da *G. angustifolia*

Após a obtenção do extrato bruto do colmo do bambu, de acordo com o procedimento descrito em 4.2 (Método 1), foi realizada análise fitoquímica, no qual revelou a presença de diversas classes de metabólitos secundários, conforme apresentado na Tabela 6.

Tabela 6: Análise qualitativa dos principais componentes fitoquímicos do extrato aquoso de *G. angustifolia*

Fitoquímico	Extrato da <i>G. angustifolia</i>
Fenóis	-
Taninos pirogálicos	-
Taninos flobafênicos	+
Antocianina e antocianidina	-
Flavonas, flavonóis e xantonas	+
Flavononóis	-
Chalconas e auronas	-
Flavononas	+
Leucoantocianidinas	-
Catequinas	-

Teste positivo (+). Teste negativo (-)

Fonte: elaborado pela autora, 2024

A espécie estudada apresentou importantes compostos como taninos flobafenos, flavonas, flavonóis, xantonas e flavononas (RODRIGUEZ-CASADO, 2016). Assim como identificado neste trabalho, Zhang e colaboradores (2010) evidenciaram a presença de flavonóides no colmo da espécie de bambu *Phyllostachys nigra* var. *henonis*. Similarmente, MOSQUERA et al, (2015) encontraram no extrato da *guadua* núcleos químicos de alcaloides, fenóis, flavonóides, terpenos, triterpenos e saponinas esteroides, e saponinas.

5.6 Dosagem de fenóis

O reagente de Folin-Ciocalteu é muito utilizado como método padrão para a determinação de antioxidantes fenólicos e polifenólicos em amostras vegetais (NIKOLAEVA, 2022). Em geral, extratos vegetais são ricos em lectinas e fenóis, e ambos possuem a capacidade de aglutinar hemácias, sendo que a interação com os eritrócitos se dá por ligações não-covalentes não específicas, diferente das lectinas que se ligam especificamente a carboidratos. Daí a importância de ter sido avaliado o teste de inibição da AH com carboidratos para a confirmação da presença de lectina. Além disso, os grupos fenólicos podem apresentar também atividade antimicrobiana (FAVERO, 2019), fazendo-se necessária sua quantificação. A partir de 41,6 mg/mL do extrato de *G. angustifolia* foi verificado um teor de fenóis totais de $2,07 \pm 0,08$ µg de EAG/g de extrato (Tabela 7).

Tabela 7: Conteúdo fenólico do extrato

Amostra	Concentração testada	µg EAG/g por amostra bruta
Extrato do colmo do bambu	41,6 mg/mL	2,07 ± 0,08

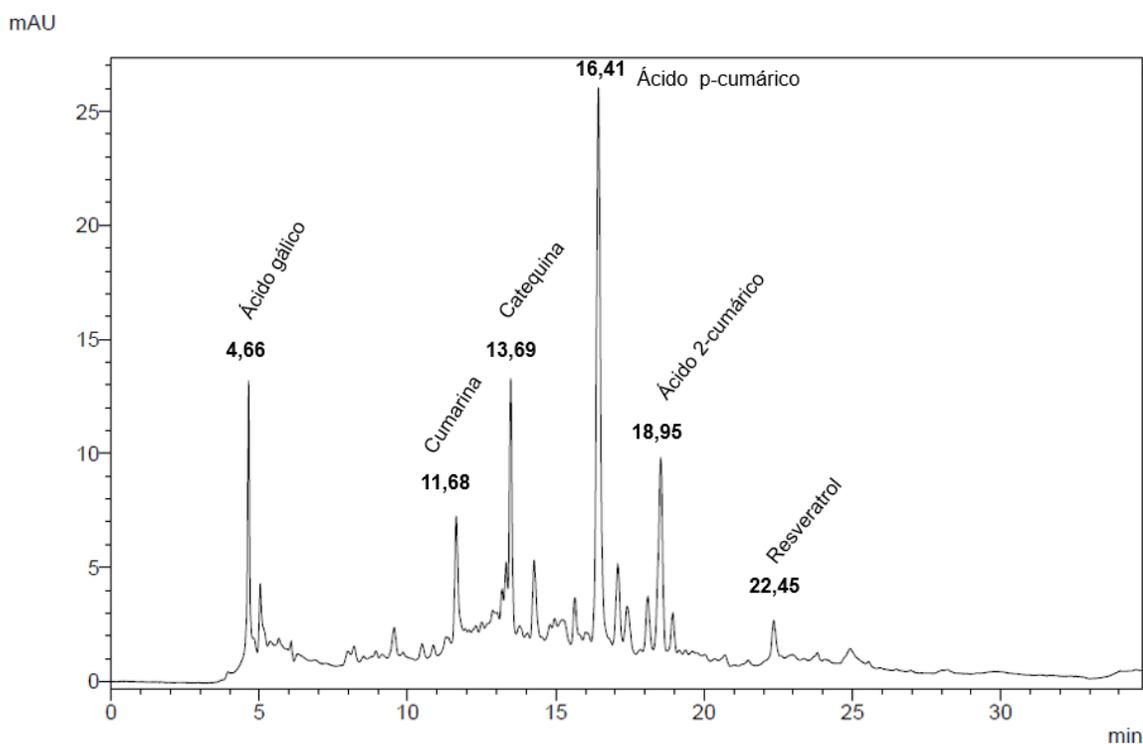
Fonte: elaborado pela autora, 2024.

Vale destacar a importância da investigação dos conteúdos fenólicos presentes nos bambus uma vez que Milani e colaboradores (2020) utilizaram da técnica de extração assistida por micro-ondas (MAE) à 95°C para extrair polifenóis da parte aérea do bambu (*P. pubescens*), obtendo um resultado a partir de 10mg/mL de 1,479 mg de EAG/g de extrato. Ademais, Xiong e colaboradores (2023) analisaram pela primeira vez uma kombucha à base de folha de bambu obtendo valores acima de 100 mg de EAG/L. Observa-se que para o presente trabalho, a temperatura de extração utilizada foi inferior (4°C) e o solvente utilizado foi do tipo aquoso, diferente dos solventes orgânicos utilizados nas referências citadas acima, já que era objetivo também a extração de lectinas, que são proteínas que se estabilizam melhor nessas condições. Desta forma, esses fatores justificam o baixo valor encontrado para o teor de fenóis encontrado.

5.7 Identificação de metabólitos secundários por cromatografia líquida de alta eficiência – CLAE

Os principais metabólitos presentes em plantas medicinais como o bambu pertence a classe dos flavonoides, em especial os ácidos fenólicos, que podem ser considerados como componentes ativos para diversas atividades biológicas (MA et al, 2020). Os derivados de ácido cumárico são antioxidantes naturais encontrados em plantas, e tem sido relatado em folhas de bambu, sendo determinados por CLAE (TANG et al, 2015). Pode-se observar que, de acordo com os padrões utilizados, o composto com o maior pico foi, o ácido p-cumárico, determinado em $\lambda = 323$ nm, apresentando um pico de intensidade de aproximadamente 26 mAU em um tempo de retenção de 16,41 min (Figura 11).

Figura 11: CLAE da amostra



Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

O Ácido p-cumárico também está presente na composição de espécies de bambus asiáticos, como *P. bambusoides*, *P. nigra*, *P. nigra var. henonis*, *P. pubescens* e *P. japonica*. Entre as propriedades biológicas apresentadas por essa substância, podem ser citadas: atividade neuroprotetora, útil no tratamento da doença de Parkinson (VAUZOUR, 2010); atividade antimicrobiana frente a *S. aureus*, *S. pneumoniae*, *B. subtilis*, *E. coli*, *S. dysenteriae* e *S. typhimurium* (LOU et al., 2012).

De acordo com a literatura, o ácido p-cumárico é um derivado hidroxilado do ácido cinâmico com três isômeros distintos (orto, meta e para), sua forma mais comum disponível é o ácido p-cumárico. O ácido p-cumárico, (ácido 4-hidroxicinâmico), é um potente composto fenólico que existe naturalmente em várias plantas, cereais, frutas e vegetais. É um dos principais compostos constituintes da lignina polimérica fenólica em materiais lignocelulósicos (KAUR, 2022).

Liu e colaboradores (2009), realizaram uma investigação dos componentes da folha da *L. gracile* utilizando CLAE e determinaram alguns flavonoides além do ácido p-cumárico. Dentre os metabolitos secundários apresentados destacamos também o ácido gálico, cumarina, catequina, e o resveratrol, os quais são encontrados em algumas espécies de bambus (ISSA, 2015; WRÓBLEWSKA, 2018).

O ácido gálico é conhecido por suas propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias, e tem sido estudado por suas propriedades antimicrobianas (WANG et al. 2020). Estudos também indicam que a cumarina possui propriedades anticoagulantes, antioxidantes e anti-inflamatórias e seus derivados podem inibir o crescimento de microrganismos patogênicos possivelmente através da interrupção de processos metabólicos essenciais nos microrganismos (VENUGOPALA et al., 2013).

Conhecida por suas propriedades antioxidantes, a catequina ajuda a neutralizar radicais livres e pode reduzir o risco de doenças cardiovasculares e câncer. Além de seus benefícios antioxidantes, a catequina possui propriedades anti-inflamatórias e antimicrobianas, que contribuem para a saúde geral e a proteção contra infecções (LIU, 2009). Outro candidato que possui propriedade antioxidante e antimicrobiana é o resveratrol que tem capacidade de interferir nas membranas celulares dos microrganismos, inibir suas enzimas essenciais, modular respostas imunes, e influenciar positivamente a longevidade e a saúde metabólica. (BAUR & SINCLAIR, 2006).

5.8 Determinação da concentração mínima bactericida/fungicida

Para serem considerados promissores agentes antimicrobianos, extratos vegetais devem exibir concentração inibitória mínima abaixo de 100 µg/mL (RIOS & RECIO, 2005), o que não aconteceu com nenhuma das amostras dos extratos brutos (método 1) e fração 0-20% avaliadas como observado nas Tabelas 8 e 9.

Tabela 8: Concentração mínima bactericida

Bactéria	Extrato
<i>Acinetobacter baumannii</i> UFPEDA 1024B	ND
<i>Enterococcus faecalis</i> ATCC-6057	ND
<i>Escherichia coli</i> UFPEDA 224	ND
<i>Klebsiella pneumoniae</i> UFPEDA 396	ND
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> UFPEDA 416	ND
<i>Salmonella enteritidis</i> UFPEDA 414	ND
<i>Staphylococcus aureus</i> UFPEDA 02	ND
<i>Staphylococcus saprophyticus</i> UFPEDA-833	ND
<i>Streptococcus pyogenes</i> ATCC 16642	ND

CIM em µg/mL, ND: não detectado

Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Tabela 9: Concentração mínima fungicida

Fungo	Extrato	Fração
<i>Candida albicans</i> URM 5901	ND	ND
<i>Candida glabrata</i> URM 4246	ND	ND
<i>Candida krusei</i> URM 4263	ND	ND
<i>Cryptococcus neoformans</i> H99	ND	ND
<i>Cryptococcus Neoformans</i> B3501	ND	ND
<i>Cryptococcus gattii</i> R265	ND	ND

ND: não detectado

Fonte: Elaborado pela autora, 2024

A ausência de atividade pode estar atribuída provavelmente as baixas concentrações das amostras, obtidas pelo método 1, nas quais foram testadas, como observado na Tabela 10.

Tabela 10: Valores da dosagem do extrato e fração realizados na avaliação antimicrobiana.

AMOSTRA	DOSAGEM
Extrato	46,7 µg/mL
Fração	78,9 µg/mL

Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Mesmo que *G. angustifolia* não tenha apresentado redução no crescimento e sobrevivência das bactérias e fungos avaliados, isso não significa que seu potencial antimicrobiano não possa ser aproveitado. Estudos vem expressando que o efeito sinérgico procedente da união entre antibióticos e produtos naturais podem promover novos tratamentos para doenças infecciosas, superar a resistência bacteriana, reduzir o uso desses fármacos e conseqüentemente seus efeitos colaterais (OLIVEIRA, 2019). Um

exemplo disso, pode ser citado a combinação de um extrato de sementes de uva à anfotericina B, que foi capaz de reduzir em 75% a concentração do fármaco e manter o nível de inibição frente ao microrganismo avaliado (AGARWAL et al., 2010).

No caso de bambus, estudo semelhante foi feito com a espécie *A. simplex*, onde seus extratos não apresentaram atividade antimicrobiana intensa (valores de CIM > 1 mg/mL), porém, ao serem combinados com os conservantes sintéticos: metil- e propilparabeno, apresentaram efeito sinérgico, possibilitando a diminuição da concentração inibitória mínima desses conservantes (ISSA, 2015). Diante disto, pode-se considerar a realização de estudos adicionais avaliando a sinergia entre os extratos de *G. angustifolia* e substâncias antimicrobianas sintéticas.

Como os resultados não foram satisfatórios, o método 2 foi aplicado, onde os resultados para atividade hemaglutinante e hemaglutinante específica foram demonstrados na tabela 11 a seguir:

Tabela 11: Concentração proteica e atividade hemaglutinante das frações pelo método 2.

Amostra	Proteína (mg/ml)	AH (HAU/mg)	AHE
Extrato	0,4400	256	581,81

Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

O teste antimicrobiano foi refeito utilizando o extrato obtido pelo método 2, empregando o PEG para concentrar a amostra. A nova dosagem (Tabela 12) mostra a concentração do extrato cerca de 17 vezes mais elevada que a do método 1.

Tabela 12: Valores de dosagem proteica do extrato realizado na avaliação antimicrobiana.

AMOSTRA	DOSAGEM
Extrato	820 µg/mL

Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

O extrato foi concentrado através da utilização do PEG. Alguns trabalhos na literatura defendem a utilização do PEG como agente umectante na remoção de água e obtenção de extratos vegetais mais concentrados.

Ahmed (2017) cita que a utilização de PEG pode ajudar a manter a integridade dos compostos bioativos presentes nos extratos, como flavonoides, alcaloides e terpenos, atuando como um meio para desidratar o extrato enquanto reduz o risco de degradação dos constituintes ativos, preservando suas propriedades terapêuticas.

De acordo com Šuran et al. (2021) o PEG aumenta a solubilidade de compostos bioativos e melhora a reatividade durante a preparação de extratos concentrados. Kir e colaboradores (2024) exploram ainda a atuação do PEG como estabilizador durante a secagem de extratos vegetais, preservando a qualidade dos compostos bioativos influenciando a solubilidade de compostos específicos presentes em plantas, podendo ser aproveitado para desenvolver extratos mais concentrados e puros.

O extrato concentrado do colmo do bambu obtido pelo método 2 inibiu o crescimento bacteriano nas cepas *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* e *Staphylococcus aureus* nas concentrações de 7,5, 15 e 30 µg/mL, respectivamente (Tabela 13 e Figura 12). O extrato também inibiu o crescimento fúngico frente a cepas *C. neoformans* (H99), *C. albicans*, *C. krusei*, *C. parapsilosis* com valores de CIM de 7,5, 30, 60, 120 µg/mL respectivamente (Tabela 14 e Figura 12).

Tabela 13: Valores de concentração inibitória mínima (CIM) do extrato do colmo de *G. angustifolia* para bactérias Gram-positivas e Gram-negativas.

Bactéria	Extrato (µg/mL)
<i>Acinetobacter baumannii</i> UFPEDA 1024B	ND
<i>Enterococcus faecalis</i> ATCC-6057	ND
<i>Klebsiella pneumoniae</i> UFPEDA 396	ND
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> UFPEDA 416	15
<i>Salmonella enteritidis</i> UFPEDA 414	ND
<i>Staphylococcus aureus</i> UFPEDA 02	60
<i>Staphylococcus saprophyticus</i> UFPEDA-833	ND
<i>Streptococcus pyogenes</i> ATCC 16642	ND
<i>Escherichia coli</i> UFPEDA 224	7,5

ND: não detectado

Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Tabela 14: Valores de concentração inibitória mínima (CIM) e concentração fungicida mínima (CFM) do extrato do colmo de *G. angustifolia* para leveduras.

Fungo	Extrato (µg/mL)	
	CIM	CFM
<i>Candida albicans</i> URM 5901	30	ND
<i>Candida glabrata</i> URM 4246	ND	ND
<i>Candida krusei</i> URM 4263	60	ND
<i>Candida parapsilosis</i> URM-6951	120	ND
<i>Candida tropicalis</i> URM-6551	ND	ND
<i>Cryptococcus Neoformans</i> B3501	ND	ND
<i>Cryptococcus neoformans</i> H99	7,5	ND
<i>Cryptococcus gattii</i> R265	ND	ND

CIM em µg/mL, ND: não detectado

Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Foi relatado o uso do bambu para tratamento de diarreia, disenteria e doenças de pele, perturbações frequentemente ocasionadas por *E. coli* e *S. aureus* respectivamente (SANTOS et al, 2007; PÉRCOPE, 2015). Diversos metabólitos secundários têm mostrado atividade antibacteriana significativa. De acordo com (RIOS, 2005) são abordadas as propriedades antimicrobianas de extratos de plantas e dos metabólitos secundários que eles contêm. Um outro estudo (NEWMAN, 2016) tem a visão abrangente sobre como os produtos naturais, incluindo metabólitos secundários, têm contribuído para a descoberta de novos antimicrobianos. Estudos vem investigando a atividade antibacteriana de derivados da cumarina contra bactérias patogênicas, demonstrando eficácia em algumas cepas bacterianas (CHENG, 2011). O polifenol ácido gálico vem demonstrando a eficácia contra *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli*. (HUANG, X., et al. 2015).

Os metabólitos secundários representam apenas alguns dos princípios ativos com potencial antibacteriano encontrado na natureza. O estudo contínuo desses compostos pode levar ao desenvolvimento de novos tratamentos e estratégias para combater infecções bacterianas (ATANASOV, 2021). Em alguns trabalhos (GOMES et al., 2013) também foram encontrados a presença de atividade bacteriana na lectina de folhas de *Schinus terebinthifolius* (SteLL) contra as cepas bacterianas: *Eschicheria coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Proteus mirabilis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella enteritidis* e *Staphylococcus aureus*. A lectina da semente da *Moringa oleifera* (WSMoL) também foi capaz de inibir o crescimento de *S. aureus* (SILVA, 2022).

Alguns estudos demonstram que a lectina da guadua têm mostrado capacidade de inibir o crescimento de várias espécies bacterianas patogênicas, agindo através da ligação a carboidratos na superfície das células bacterianas e afetando a integridade da parede celular, possuindo atividade significativa contra uma variedade de bactérias Gram-positivas e Gram-negativas, demonstrando seu potencial como agentes antimicrobianos (COSTA et al, 2015).

O estudo de Sousa e colaboradores (2018) aborda as propriedades antibacterianas das lectinas de *G. angustifolia* e discute suas possíveis aplicações médicas, onde foram eficazes contra uma gama de bactérias patogênicas e podem ter aplicações potenciais no desenvolvimento de novos tratamentos antimicrobianos.

Estudos relatam que os metabólitos secundários são responsáveis por apresentar atividade antifúngica. Zheng e Wang (2001) destacam que a catequina possui propriedades frente espécies de *Candida* e *Aspergillus niger*, Santos et al, (2012) e Shih et al, (2012) relatam a investigação das cumarinas e do resveratrol, respectivamente, encontrados em várias plantas e sua capacidade de inibir o crescimento de fungos patogênicos e Li e colaboradores que estudaram o ácido gálico demonstrando sua atividade antifúngica contra *C. albicans*.

Em alguns trabalhos, também foi observada a presença de atividade antifúngica de uma lectina isolada da folha de *Calliandra surinamensis* (CasuL) onde esta foi avaliada e mostrou resultados frente a *C. Krusei*, sensível a esta lectina (PROCÓPIO et al., 2017).

A lectina isolada da *Cianobactéria scytovirina* mostrou atividade antifúngica contra criptococos patogênicos *C. neoformans var. neoformans* e *C. gattii*. Os autores relatam

que a lectina inibiu o crescimento de célula fúngicas através da ligação à parede celular (JONES et al., 2017).

As lectinas também podem ser agentes antifúngicos. Lectinas presentes em extratos das espécies de fungos *P. corylophilum*, *P. expansum* e *P. purpurogenum* exibiram atividade antifúngica contra *A. niger*, *C. albicans* e *S. cerevisiae* (SINGH et al 2016). Estudos indicam que a lectina de *Bambusa vulgaris* possui atividade antifúngica contra diversos fungos patogênicos. Ela atua ligando-se a carboidratos presentes na superfície dos fungos, interferindo em processos celulares essenciais e inibindo o crescimento dos mesmos (SANTOS et al. 2011).

As lectinas de *Bambusa oldhamii* demonstraram atividade contra uma variedade de fungos, incluindo espécies patogênicas como *Candida albicans* e *Aspergillus niger* (SANTOS et al, 2019). Essa atividade é atribuída à capacidade da lectina de interagir com os glicoconjugados na superfície dos fungos, perturbando sua integridade e função (GOMES et al, 2015).

Tanaka et al (2020), realizaram um estudo focado na análise dos compostos antimicrobianos específicos presentes nos colmos de bambu. Eles confirmaram que os compostos fenólicos e flavonoides encontrados no bambu têm propriedades antimicrobianas que contribuem para sua durabilidade e capacidade de resistir a ataques microbianos.

5.9 Inibição da formação de biofilme

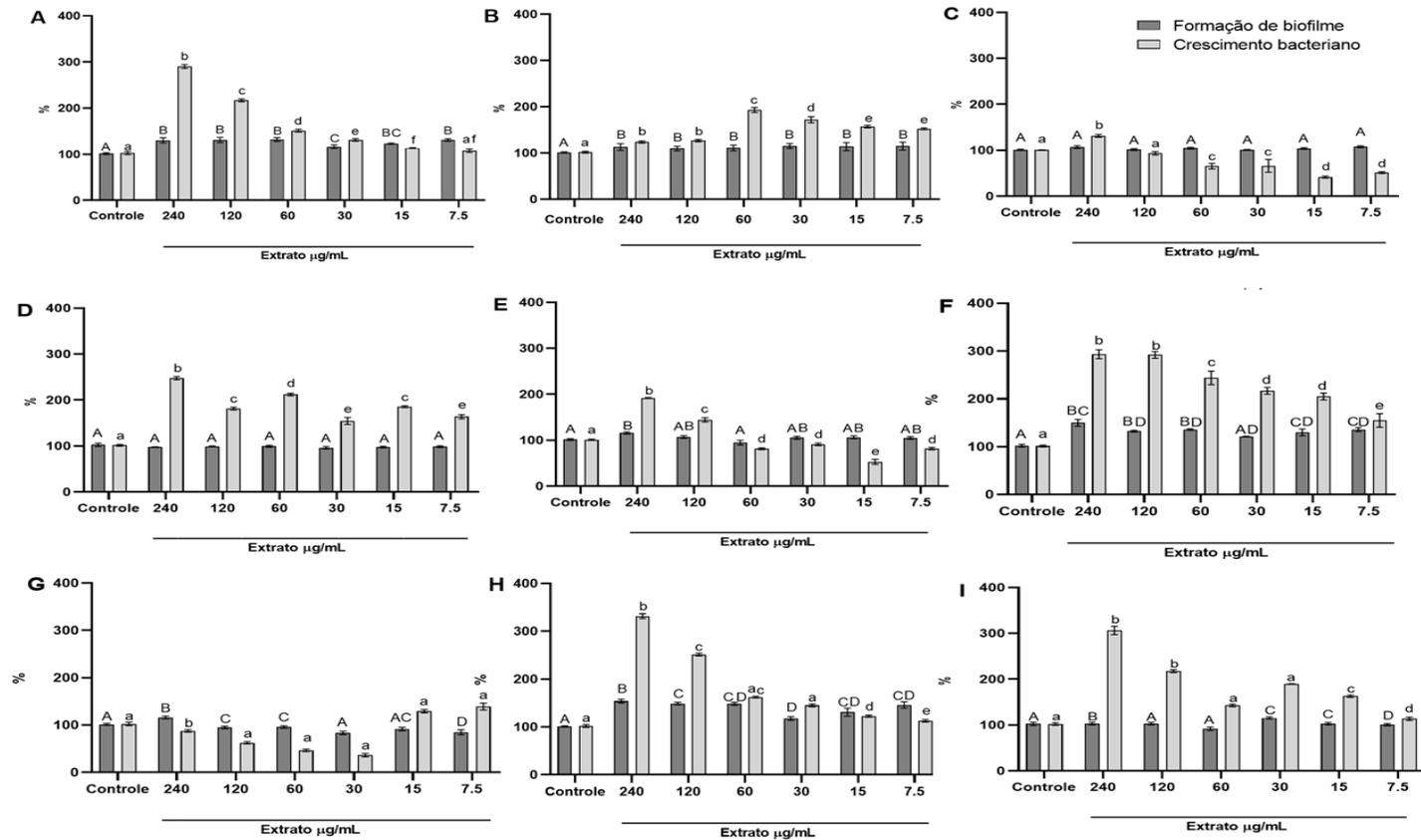
De acordo com Singh e colaboradores (2024), tanto fungos quanto bactérias apresentam formas impressionantes de resistência, sendo uma delas através da formação de biofilmes. Os biofilmes são complexas comunidades microbianas embutidas em uma matriz extracelular que contém uma variedade de componentes, incluindo proteínas, lipídios, carboidratos e ácidos nucleicos. A composição da matriz extracelular varia conforme o tipo de micro-organismo e o ambiente em que o biofilme se forma. A formação e a manutenção de biofilmes proporcionam proteção adicional aos micro-organismos contra estresses ambientais e tratamentos antimicrobianos. (Yin et al, 2019).

As bactérias se multiplicam e secretam uma matriz extracelular composta por polissacarídeos, proteínas e ácidos nucleicos. Esta matriz forma uma rede que protege

as bactérias e facilita a troca de nutrientes. Biofilmes bacterianos são frequentemente mais resistentes a antibióticos devido à dificuldade dos agentes antimicrobianos em penetrar a matriz e à expressão de genes de resistência. Infecções associadas a biofilmes são difíceis de tratar e podem causar condições crônicas, como infecções de dispositivos médicos e doenças pulmonares (Nourbakhsh et al, 2022).

A inibição da formação de biofilmes é uma estratégia utilizada para combater biofilmes fúngicos. O extrato concentrado do colmo do bambu inibiu a formação de biofilme em 40% para *Candida albicans* e em 50% para *Cryptococcus neoformans* (B3501) nas concentrações de 7,5 e 60µg/mL (Figura 13).

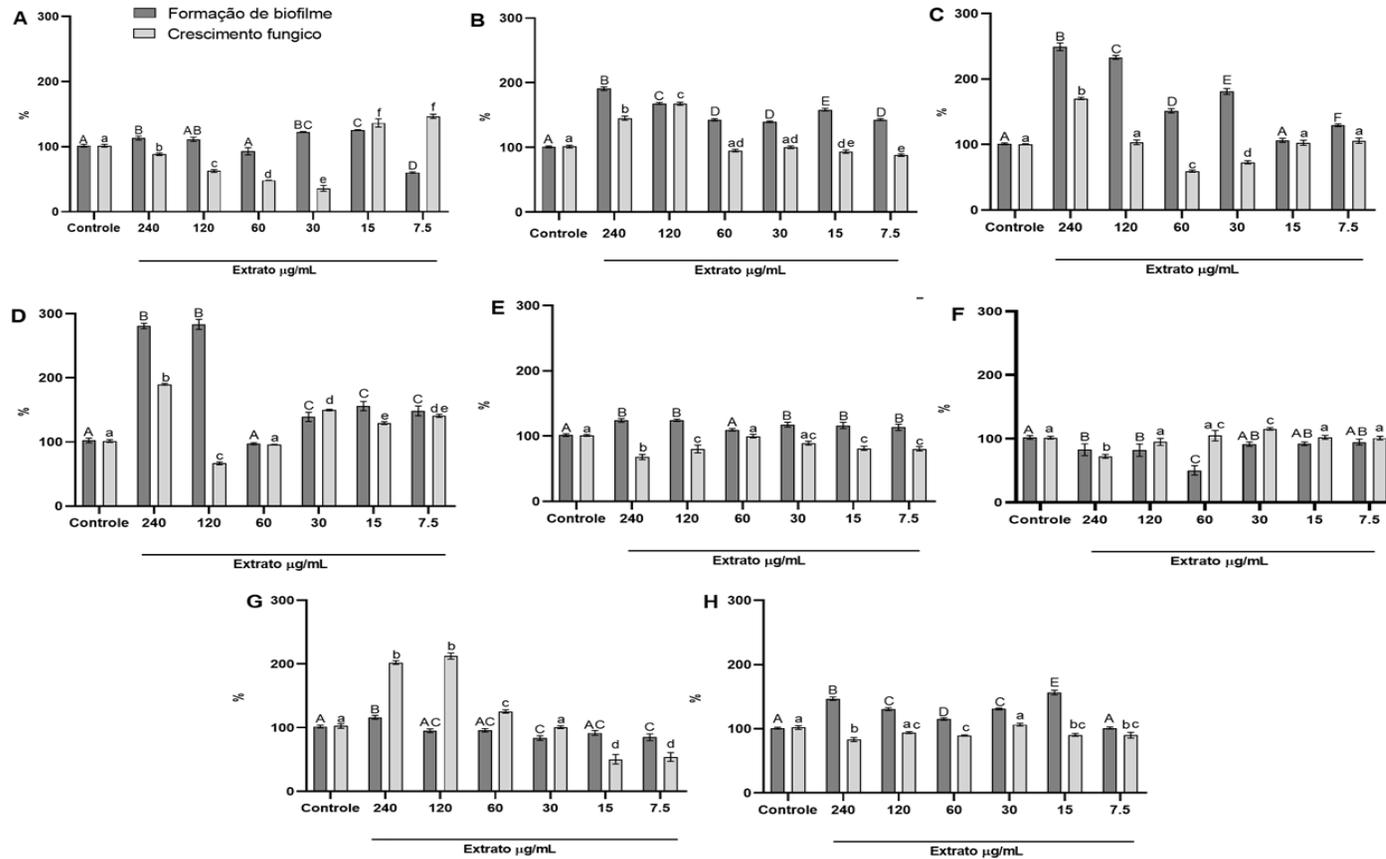
Figura 12: Formação de biofilme e crescimento bacteriano.



A. baumannii (A), *E. faecalis* (B), *E. coli* (C), *K. pneumoniae* (D), *P. aeruginosa* (E), *S. enteritidis* (F), *S. aureus* (G), *S. saprophyticus* (H) e *S. pyogenes* (I) na ausência (controle negativo) ou na presença do extrato em diferentes concentrações. O crescimento foi avaliado pela densidade óptica a 600 nm antes da adição do corante e a formação de biofilme foi avaliada pelo método de cristal violeta e pela medição da densidade óptica a 590 nm. Letras diferentes: diferença estatística ($p < 0,05$) entre os tratamentos, letras maiúsculas: comparação da formação de biofilme e letras minúsculas: crescimento bacteriano.

Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Figura 13: Formação de biofilme e crescimento fúngico.



C. albicans (A), *C. glabrata* (B), *C. krusei* (C), *C. parapsilosis* (D), *C. tropicalis* (E), *C. neoformans* B3501 (F), *C. neoformans* H99 (G) *C. gattii* R265 (H) na ausência (controle negativo) ou na presença do extrato em diferentes concentrações. O crescimento foi avaliado pela densidade óptica a 600 nm antes da adição do corante e a formação de biofilme foi avaliada pelo método de cristal violeta e pela medição da densidade óptica a 590 nm. Letras diferentes: diferença estatística ($p < 0,05$) entre os tratamentos, letras maiúsculas: comparação da formação de biofilme e letras minúsculas: crescimento fúngico.

Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Os fungos produzem uma matriz extracelular de polissacarídeos e proteínas, o que ajuda a proteger os esporos e as hifas contra o sistema imunológico e antifúngicos. Esporos ou conídios podem ser liberados para formar novos biofilmes em locais diferentes (MITCHELL, et al 2016.)

Biofilmes fúngicos são associados a infecções crônicas e graves, especialmente em indivíduos imunocomprometidos, como pacientes com câncer ou HIV. Eles demonstram resistência aumentada a antifúngicos, com a matriz de biofilme dificultando a penetração dos medicamentos e alterando o metabolismo fúngico (BORGHI et al, 2016).

6. CONCLUSÃO

- ✓ A fração 0-20% apresentou maior concentração proteica e uma AHE alta.
- ✓ A espécie estudada apresentou importantes compostos como taninos flobafenos, flavonas, flavonóis, xantonas, flavononas, esteroides e saponinas.
 - ✓ A partir de 41,6 mg/mL do extrato de *G. angustifolia* foi verificado um teor de fenóis totais de $2,07 \pm 0,08$ µg de EAG/g de extrato.
 - ✓ Na composição dos colmos de *G. angustifolia* foi identificado por CLAE os compostos ácido p-cumárico, ácido gálico, catequina, ácido 2-cumárico, cumarina, resveratrol.
 - ✓ Considera-se que a lectina presente no extrato possui capacidade de se ligar a N-acetilglicosamina, D-maltose e fetuína.
 - ✓ A amostra testada demonstrou ação frente a cepas bacterianas *E. coli*, *P. aeruginosa* e *S. Aureus* os valores de CIM foram de 7,5, 15, 30 µg/mL respectivamente.
 - ✓ A amostra testada demonstrou ação frente a cepas fúngicas *C. neoformans* (H99), *C. albicans*, *C. krusei*, *C. parapsilosis* com valores de CIM de 7,5, 30, 60, 120 µg/mL respectivamente.
 - ✓ O extrato inibiu a formação de biofilme em 40% para *C. albicans* e em 50% para *C. neoformans* (B3501) nas concentrações de 7,5 e 60 µg/mL.

7. PERSPECTIVAS

Considerando as etapas do projeto as perspectivas de desenvolvimento, dando continuidade à pesquisa, abrangem os seguintes tópicos:

- Realizar uma nova cromatografia de quitina (realizando as etapas de dialise e liofilização).
- Confirmar o isolamento da lectina através da eletroforese.
- Isolar a lectina
- Avaliar a atividade antimicrobiana da GaL
- Aplicação da lectina em testes biológicos

8. REFERÊNCIAS

ABBASIJAHROMI, A.; et al. A. Compare the effect of aromatherapy using lavender and damask rose essential oils on the level of anxiety and severity of pain following C-section: A double-blinded randomized clinical trial. **Journal of Complementary and Integrative Medicine**, v. 17, n. 3, p. 1-14, 2020.

ABDALLAH E. M.; et al. De volta à natureza: plantas medicinais como fontes promissoras de drogas antibacterianas na era pós-antibiótica. **Plantas (Basileia)**, 2023.

ABDULLAH F. I. et al.; Comparison of protein extraction methods for the leaves of ficus deltoidea. **Journal of fundamental and Applied Sciences**. J Fundam Appl Sci. 2017.

ADAMUDE, F. A. et al. Identification and characterization of Lectin gene isolated from an indigenous Albizia lebeck Seeds. **Scientific african**. v.18, p.1-11, 2019.

AGARWAL, C., Singh, R. P., & Agarwal, R. Grape seed extract inhibits growth and induces apoptotic death of human cancer cells: A mechanistic perspective. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 245(1), 142-149. 2010.

AHMED, H. H. CS-PEG decorated PLGA nano-prototype for delivery of bioactive compounds: A novel approach for induction of apoptosis in HepG2 cell line. **Advances in Medical Sciences**, v. 62, n. 2, p. 357-367, ISSN 1896-1126, 2017.

AKINLABI, E.T.; et al. Taxonomia e distribuição do bambu em todo o mundo. **Springer, Cham.**, 2017.

ALBUQUERQUE, L. P.; et al. Effect of *Microgramma vacciniifolia* rhizome lectin on survival and digestive enzymes of *Nasutitermes corniger* (Isoptera, Termitidae). **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 75, p. 158–166, 2012.

ALVES E; KUBOTA, E. Conteúdo de fenólicos, flavonoides totais e atividade antioxidante de amostras de própolis comerciais. **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada**, v. 34, n. 1, p. 37-41, 2013.

AL-WORAFI, Y.M. Epidemiologia e carga de doenças digestivas em países em desenvolvimento. In: Al-Worafi, Y.M. (eds) Manual de Ciências Médicas e da Saúde nos Países em Desenvolvimento. **Springer, Cham**. 2024.

AMARAL, E. F.; et al. **Potencial do uso do bambu nativo para recuperação de reserva legal e de áreas alteradas**. Rio Branco, 2021.

ANJALI S., Sadhna S., Khuller G. K., Nanopartículas poli (lactídeo-co-glicolídeo) funcionalizadas por lectina como transportadores de drogas antituberculosas orais / aerossolizadas para o tratamento da tuberculose, **Journal of Antimicrobial Chemotherapy**, Volume 54, 2004.

ATANASOV, A.G., *et al.* Produtos naturais na descoberta de medicamentos: avanços e oportunidades. **Nat Rev Drug Discov** 20, 200–216, 2021.

AZEVEDO, C. F.; et al. Aspectos anatômicos de plantas *Foeniculum vulgare* Mill. **Rev bras plantas med**. v. 14, p. 197-204, 2012.

BAJWA, H.K., et al. Compostos bioativos em broto de bambu. In: Murthy, H.N., Paek, K.Y. (eds) Compostos Bioativos em Vegetais e Leguminosas Subutilizados. Série de referência em fitoquímica. **Springer, Cham**, 2021.

BALKRISHNA A. et al. Explorando a Segurança, Eficácia e Bioatividade dos Medicamentos Fitoterápicos: Unindo a Sabedoria Tradicional e a Ciência Moderna na Saúde. **Futuro Integr Med**. 2024.

BARBOSA, H. M et al. Abordagem Fitoquímica de Metabólitos Secundários em Solanum acanthodes (SOLANACEAE) HOOK. **Journal of Basic Education, Technical and Technological**, v. 4, n. 1, p. 30-41, 2017.

BARROS, A. C. A. et al. Avaliação da atividade inseticida do colmo da Guadua angustifolia Kunth contra Tribolium castaneum (Herbst). 2022.

BASTOS, M. L. A. Avaliação da Atividade Antimicrobiana in vitro e in vivo e Estudo Químico Biomonitorado de Piper hayneanum C.D.C. (Piperaceae) e Zeyheria

tuberculosa (Vell.) Bur. (Bignoniaceae). Tese (Doutorado em Química e Biotecnologia). Maceió: **Universidade Federal de Alagoas**, 2008.

BAUR, J. A., & SINCLAIR, D. A. Therapeutic potential of resveratrol: the in vivo evidence. *Nature Reviews Drug Discovery*, 5(6), 493-506. 2006.

BESSA, L. J., & Silva, A. L. Structural insights into chitin-binding lectins: Mechanisms of stability and binding. *International Journal of Biological Macromolecules*, 194, 597-606, 2022.

BETTEGA, P. V. C.; et al. **Fitoterapia: dos canteiros ao balcão da farmácia**. Archives of Oral Research, v. 7, n. 1, 2017.

BEZERRA, R. F. Purificação e caracterização parcial da lectina presente no soro do peixe amazônico Tambaqui *Colossoma Macropomum*. Dissertação de mestrado. **Universidade Federal de Pernambuco**, 2009.

BITENCOURT, F.D.S., Figueiredo, J.G., Mota, M.R.L. *et al.* Efeitos antinociceptivos e antiinflamatórios de uma aglutinina ligadora de mucina isolada da alga marinha vermelha *Hypnea cervicornis*. *Naunyn-Schmied Arch Pharmacol* 377, 139–148. 2008.

BONA, E. A. M. et al. Comparação de métodos para avaliação da atividade antimicrobiana e determinação da concentração inibitória mínima (cim) de extratos vegetais aquosos e etanólicos. **Arquivo do Instituto de Biologia**, v.81, n.3, p. 218-225, 2014.

BORGHI, E., Borgo, F., Morace, G. Biofilmes Fúngicos: Atualização sobre Resistência. In: Imbert, C. (eds) Biofilmes fúngicos e infecções relacionadas. Avanços em Medicina Experimental e Biologia(), vol 931. Springer, Cham. 2016.

BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of micrograms quantities for proteins utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v. 72, p. 248-254, 1976.

BRAIBANTE, M. E. F et al. A Química dos Chás. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 36, n. 3, p. 168-175, agos 2014.

BRASIL, Presidência da República. Decreto 5813 de 22 de junho de 2006 -Aprova a Política Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos e dá outras providências. **Brasil**, 2006.

CAGLIARI, R., KREMER, F. S., PINTO, L. S. Bauhinia lectins: Biochemical properties and biotechnological applications. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 119, p. 811–820, 2018.

CALEGARI, L.; et al. **Desempenho físico-mecânico de painéis fabricados com bambu (*Bambusa vulgaris* Schr.)** em combinação com madeira. *Cerne*, v. 13, n. 1, p. 57-63, 2007.

CAMPELO, F. A. Extraction and purification of ice structuring proteins obtained from wheat leaves - **Universidade Federal de Viçosa**, Viçosa, 2014.

CANTÓN, R.; UNAL, S.; FARRELL, D. J. Antibacterial resistance patterns in *Streptococcus pneumoniae* isolated from elderly patients: PROTEKT years 1–5 (1999–2004). **International Journal of Antimicrobial Agents**, v. 30, n. 6, p. 546-550, 2007.

CARVALHO, A.; et al. Purification, characterization and antibacterial potential of a lectin isolated from *Apuleia leiocarpa* seeds. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 75, p. 402–408, 2015.

CARVALHO, C. M. et al. Estudo da utilização do bambu na composição do concreto. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, v. 7, n. 1, 2021.

CAVADA, B. S.; et al. cDNA cloning and 1.75 Å crystal structure determination of PPL2, an endochitinase and N-acetylglucosamine-binding hemagglutinin from *Parkia platycephala* seeds. **The FEBS journal**, v. 273, n. 17, p. 3962-3974, 2006.

CAVADA, B. S.; et al. Comprehensive review on Caesalpinioideae lectins: From purification to biological activities. **International journal of biological macromolecules**, 2020.

CAVADA, B. S.; et al. Revisiting proteus: Do minor changes in lectin structure matter in biological activity? Lessons from and potencial biotechnological uses of the Diocleinae subtribe lectins. **Current Protein and Peptide Sciences**, v. 2, p. 123-135, 2001.

CERELLA A. Functions of Lectins from Legume Plants and Plant Germination. **J Glycobiol**. 2021.

CHIN, S.C. Aplicações práticas do bambu como material de construção: tendências e desafios. *Avanços Biotecnológicos em Bambu*. **Springer**, Cingapura, 2021.

CHONGTHAM, N., *et al.* Melhoria da qualidade de brotos de bambu pela remoção de antinutrientes usando diferentes técnicas de processamento: **uma revisão**. **J Food Sci Technol** 59, 1–11, 2022.

CICCO, N. et al. A reproducible, rapid and inexpensive Folin-Ciocalteu micro-method in determining phenilcs of plant metanol extracts. **Microchemical Journal**, V. 9, p. 107-110, 2009.

CIMANGA, K.; et al. Antibacterial and antifungal activities of neocryptolepine, biscryptolepine and cryptoquindoline, alkaloids isolated from *Cryptolepis sanguinolenta*. **Phytomedicine**, v. 5, p. 209-214, 2011.

CLINICAL AND LABORATORY STANDARDS INSTITUTE. Methods for Dilution Antimicrobial Susceptibility Tests for Bacteria That Grow Aerobically, 11th Edition, **CLSI guideline M07**. 2018.

CLINICAL AND LABORATORY STANDARDS INSTITUTE. Reference Method for Broth Dilution Antifungal Susceptibility Testing of Yeasts, 4th Edition, **CLSI guideline M27**. 2017.

CONINCK, T., VAN DAMME, E. J. M. Review: The multiple roles of plant lectins. **Plant Science**, n. 313, 2021.

CORREIA, W. F. M.; CAMPOS, F. F. C.; BARROS, M. L. Design sustentável em produtos de bambu. **Bambus no Brasil: da biologia à tecnologia**. 1º ed., p.428-438, 2017.

COSTA, R. B. Purificação, Caracterização e Avaliação de Atividade Antifúngica e Citotóxica da Lectina de Casca de Genipa americana (JENIPAPO) – Dissertação de mestrado. **Universidade Federal de Alagoas**, 2018.

CROCCO, E. I.; et al. Identificação de espécies de Candida e susceptibilidade antifúngica in vitro: estudo de 100 pacientes com candidíase superficiais. **Anais Brasileiros de Dermatologia**, v.79, p. 689-697, 2004.

CUNNINGHAM, M. W. Pathogenesis of group A streptococcal infections. **Clin Microbiol Rev**, v. 13, p. 470-511, 2000.

DE SCHUTTER K, VAN DAMME EJ. Interações proteína-carboidrato como parte da defesa vegetal e imunidade animal. **Moléculas**. 19 de maio de 2015.

DIAS, E.C.M. et al. Uso de fitoterápicos e potenciais riscos de interações medicamentosas: reflexões para prática segura. **Revista Baiana de Saúde Pública**, Salvador, v. 41, n.2, p. a2306, 2018.

DONLAN RM, COSTERTON JW. Biofilms: survival mechanisms of clinically relevant microorganisms. **Clin Microbiol Rev**. 2002.

DRUMOND, P. M.; WIEDMAN, G. **Bambus no Brasil: da biologia à tecnologia**. Instituto Ciência Hoje. Rio de Janeiro, 2017.

DUARTE, M. C. T. Atividade Antimicrobiana de Plantas Medicinais e Aromáticas Utilizadas no Brasil. **Revista Multiciência**, n. 7, 2006.

ELANGO, G., & MALAKAR, P. K. Lectins and their role in modulating spore germination: Impact on nutrient transport and cellular signaling. ***Journal of Fungal Biology***, 27(1), 42-56, 2023.

EMEJE, M.; et al. **Potencial terapêutico das plantas medicinais: situação atual e perspectivas**. 2024.

ESTEBAN, I., Albert, R.M., Eixea, A. *et al.* Uso de plantas pelos neandertais e reconstrução da vegetação passada no sítio do Paleolítico Médio do Abrigo de la Quebrada (Chelva, Valência, Espanha). ***Archaeol Anthropol Sci*** 9, 265–278, 2017.

FARIAS, D. L.; et al. **Isolamento, purificação e atividades biológicas de uma nova lectina de sementes de feijão da praia (*Canavalia Maritima*)**. 2013.

FAVERO, A. Isolamento, caracterização da lectina das sementes de *Eugenia pyriformis* e potencial antimicrobiano, **Universidade Estadual do Oeste do Paraná**, Dissertação de mestrado, 2019.

FERNANDES, A. V.; et al. **Caracterização bioquímica e avaliação da atividade antifúngica de lectinas de sementes de Fabaceae da Amazônia**. 2012.

FERREIRA, S. B.; DANTAS, I. C.; CATÃO, R. M. R. Evaluation of the antimicrobial activity of the essential oil of sucupira (*Pterodon emarginatus*). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.16, 2014.

FILGUEIRAS, T. S.; VIANA, P. L. Bambus brasileiros: morfologia, taxonomia, distribuição e conservação. **Bambus no Brasil: da biologia à tecnologia**. 1º ed. Rio de Janeiro. 2017, p. 10-27, 2017.

FLEMMING, H. W.; et al. Biofilms: an emergent form of bacterial life. **Nature Reviews Microbiology**, 2016.

FONTENELLE, T. P. C.; et al. Lectin obtained from the red seaweed *Bryothamnion triquetrum*: Secondary structure and anti-inflammatory activity in mice. **International journal of biological macromolecules**, 112, 1122-1130, 2018.

FUMAGALI, E et al. Produção de metabólitos secundários em cultura de células e tecidos de plantas: O exemplo dos gêneros *Tabernaemontana* e *Aspidosperma*. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 18, n. 04, p. 627-641, 2008.

GAGLIANO, J.; et al. O que se sabe sobre o potencial medicinal do bambu. **ADV TRADIT MED (ADTM)** 22, 467–495, 2022.

GAIDAMASH, M. et al. Interaction of lectin-like proteins of South African medicinal plants with *Staphylococcus aureus* and *Bacillus subtilis*. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 80, n. 2-3, p. 131-135, 2002.

GARCÍA, A. Á.; CARRIL, E. P-U. Metabolismo secundario de plantas. **Reduca (biología)**, v. 2, n. 3, p. 119-145, 2009.

GHAVAMI, K.; BARBOSA, N. P.; MOREIRA, L. E. Bambu como Material de Engenharia. In book: **Avaliação de Desempenho de Tecnologias Construtivas Inovadoras: Conforto Ambiental**, Durabilidade e Pós-Ocupação. Porto Alegre: ANTAC, p. 305-348, 2017.

GOMES, F. S. et al. antimicrobial lectin from *Schinus terebintifolius* leaf. **Journal of applied microbiology**, v. 114, n. 3, p. 672-679, 2015.

GOMES, F. S. et al. **Saprophytic, symbiotic and parasitic bacteria: Importance to environment, biotechnological applications and biocontrol**. *Adv Res*, v. 2, n. 5, p. 250-265, 2014.

GOMES, F.S. Purificação e caracterização de lectinas e inibidor de tripsina presentes em tecidos de *Myracrodruon urundeuva* e *Schinus terebinthifolius*: ação antimicrobiana de preparações. **Universidade Federal de Pernambuco**, Tese de doutorado, 2013.

GORDON, S., & TAYLOR, P. R. Monocyte and macrophage diversity: Implications for disease and therapy. **Nature Reviews Immunology**, 21(3), 121-136, 2021.

- GREAY, S. J.; HAMMER, K. A. Recent developments in the bioactivity of mono and diterpenes: anticancer and antimicrobial activity. **Phytochemistry Reviews**, v. 14, p. 1-6, 2015.
- GRECO, T. M.; et al. **Diversity of bamboo in Brazil. Journal of tropical and Subtropical Botany**, v.23, p.1-16, 2011.
- GUPTA, G.S. (2012). Lectinas: uma visão geral. In: Lectinas Animais: Forma, Função e Aplicações Clínicas. **Springer**, Viena.
- HOEHAMER, C. F.; et al. Changes in the Proteome of *Candida albicans* in Response to Azole, Polyene, and Echinocandin Antifungal Agents. **Antimicrobial Agents and Chemotherapy**, p. 1655–1664, 2010.
- HOLLAND, J. N., & KIMBROUGH, J. W. Ecological roles of fungi in the environment. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, 52, 119-143, 2021.
- HOSSAIN, M. A.; et al. Study of total phenol, flavonoids contents and phytochemical screening of various leaves crude extracts of locally grown *thymus vulgaris*. **Asian Pacific Journal Tropical Biomedicine**, v. 3, p.705–710, 2013.
- HU.X.; et al. Structural and Functional Insight Into the Glycosylation Impact Upon the HGF/c-Met Signaling Pathway. **Front. Cell Dev. Biol.** 8:490, 2020.
- HUANG, C., & CHEN, L. Structural analysis of Gram-positive bacterial cell wall: Insights into the role of teichoic acids and their impact on antibiotic resistance. **Journal of Bacteriology**, 203(7), e00239-21, 2021.
- ISLÃ, M.K., Khan, M., Gidwani, K. *et al.* Lectinas como ferramentas potenciais para a descoberta de biomarcadores de câncer a partir de vesículas extracelulares. **Biomark Res** 11, 85. 2023.
- ISSA, F. I. C. Avaliação das atividades antioxidante e antimicrobiana de extratos de *Apoclada simplex* McClure & Smith (Poaceae: Bambusoideae). 2015. 72f. Dissertação

(mestrado) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, **Universidade de São Paulo**, São Paulo, 2015.

JONES, Tyler H. et al. Novel antifungal Activity for the Lectin Scytovirin: inhibition of *Cryptococcus neoformans* and *Cryptococcus gattii*. **Frontiers in microbiology**, v. 8, p.755, 2017.

Kang, S.S.; et al. Lipoteichoic acids as a major virulence factor causing inflammatory responses via Toll-like receptor 2. **Archives of Pharmacal Research**, 2016.

KAUR, J.; MANKOO, K. R. p-Coumaric Acid: A Naturally Occurring Chemical with Potential Therapeutic Applications. **Current Organic Chemistry**, vol. 26, n. 14, p. 1333-1349, 2022.

KAUR, M.; et al. A tuber lectin from *Arisaema helleborifolium* Schott with antiinsect activity against melon fruit fly, *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) and anti-cancer and anti-cancer effect on human cancer cell lines. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v. 445, p. 156– 165, 2006.

Kaviyarasi, N.S. (2021). Estrutura, Biossíntese e Propriedades Biológicas das Lectinas. In: Elumalai, P., Lakshmi, S. (eds) *Lectinas*. Springer, Cingapura

KIR, I., Mohammed, H.A., Laouini, S.E. *et al.* Síntese mediada por extrato vegetal de nanopartículas de CuO a partir de extrato de casca de limão e sua modificação com polietilenoglicol para aumentar as atividades fotocatalíticas e antioxidantes. **J Polym Environ** 32, 718–734, 2024.

KUMATE J. Infectious disease in the 21st century. **Arch Med Res**, v. 28, p. 155-161, 1997.

KUNAMOTO, C. A.; VINCES, M. D. Contribution of hypha-co-regulated genes to *Candida albicans* virulence. **Cellular Microbiology**, v. 7, p. 1546-1554, 2005.

KUO, C. H., & HUANG, C. C. The role of lectins in fungal spore germination: Mechanisms and applications. **Journal of Fungal Biology**, 26(4), 433-446, 2022.

LEHMANN, M., & WÖLFER, H. Classification and functions of plant lectins. ***Plant Physiology and Biochemistry***, 166, 36-47, 2021.

LEITE, J.F.M.; et al. Efeitos antinociceptivos e antiinflamatórios de uma substância semelhante à lectina de sementes de *Clitoria fairchildiana* R. Howard. ***Moléculas*** 2012.

LI J, Wu H, Hong J, Xu X, Yang H, Wu B, et al. A odorranalectina é uma pequena lectina peptídica com potencial para entrega e direcionamento de medicamentos. ***PLoS UM*** 3(6). 2008.

LIESE, W. The anatomy of bamboo culms. **Technical Report**, 1998.

LIMA, C. C. B.; et al. **A fitoterapia na saúde pública: estudo de caso da fabricante municipal de medicamentos**, 2017.

LIMA, L. P. C. Utilização do fitoterápico xiao yao san na suplementação nutricional. ***Revista OWL (OWL Journal) - REVISTA INTERDISCIPLINAR DE ENSINO E EDUCAÇÃO***. 2024.

LISTA DE ESPÉCIES DA FLORA DO BRASIL – LEFB. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>. Acesso em 15 dez. 2023.

LIU, T. Y., et al. Simultaneous determination of total flavonoids and three flavonoid glycosides in *Lophatherum gracile* Brongn by HPLC. ***Chinese Traditional Patent Medicine***, v. 31, n. 1, p. 97-100, 2009.

LONDOÑO, X.; et al. Characterization of the anatomy of *Guadua angustifolia* (Poaceae: Bambusoideae) culms. ***Bamboo Science and Culture***, v. 16, n. 1, p. 18-31, 2002.

LOU, Z. p-Coumaric acid kills bacteria through dual damage mechanisms. ***Food Control***, v. 25, p. 550-554, 2012.

LUCARINI, A. C.; KILIKIN, B. V.; PESSOA JÚNIOR, A. Precipitação. In: PESSOA JÚNIOR, A.; KILIKIAN, B. V. **Livro de purificação de produtos biotecnológicos**, 2º ed, cap. 4, p 37-88, 2008.

LÜCKING, R., ET AL. Fungal taxonomy and phylogeny: Current status and challenges. ***Fungal Diversity***, 111(1), 1-18, 2022.

MA, N-H.; et al. Antioxidant and Compositional HPLC Analysis of Three Common Bamboo Leaves. ***Molecules***, v. 25, n. 2, p. 409, 2020.

MACEDO, M. L. R., OLIVEIRA, C. F. R., OLIVEIRA, C. T. Insecticidal activity of plant lectins and potential application in crop protection. ***Molecules***, v. 20, n. 2, p. 2014-2033, 2015.

MADIGAN, Michael T.; MARTINKO, John M.; BENDER, Kelly S.; et al. ***Microbiologia de Brock***. Porto Alegre: Artmed Editora LTDA, 2016.

MARA, D., Lane, J., Scott, B., & et al. Sanitation and health. ***PLOS Medicine***, 16(12), e1002871, 2019.

MARÍN, D.; et al. Las plantaciones de guadua (*Guadua angustifolia* Kunth) y bambú (*Bambusa vulgaris* Schrad.) de San Javier, estado Yaracuy, Venezuela. III. Estructura de las plantaciones y balance de nutrimentos. ***Revista Facultad de Agronomía***, v.28, p.441-459. 2011.

MATOS, F. J. A. Introdução à fitoquímica experimental. Fortaleza. UFC. 150p.1988.

MICHELIN, D. C. et al. Avaliação da atividade antimicrobiana de extratos vegetais. ***Revista Brasileira de Farmacognosia***, v. 15, n. 4, p. 316-320, 2005.

MILANI, G.; et al. **Optimization of Microwave-Assisted Extraction of Antioxidants from Bamboo Shoots of *Phyllostachys pubescens***. ***Molecules***, v. 25, n. 1, p. 215, 2020.

MILLER, E. A., & HSU, J. L. Bacterial adaptation and the impact of environmental changes on microbial populations. ***Annual Review of Microbiology***, 73, 67-84, 2019.

- MILLER, S. I., & BEHAR, S. M. Understanding the cell wall of Gram-positive bacteria: Structure, function, and the role in pathogenesis. ***Cell Host & Microbe***, 30(3), 359-375, 2022.
- MITCHELL, K.F.; et al. A matriz extracelular de biofilmes fúngicos. In: Imbert, C. (eds) Biofilmes fúngicos e infecções relacionadas. **Avanços em Medicina Experimental e Biologia**, vol 931. Springer, Cham. 2016.
- MONOD, M.; BORG-VON, Z. M. Secreted aspartic proteases as virulence factors of *Candida* species. **Biological Chemistry**, v. 383, n. 7-8, p. 1087-1093, 2002.
- MOREIRA, L. M., & GOMES, S. L. *Microbiologia Geral* (5th ed.). Guanabara Koogan, 2015.
- MOSQUERA, Oscar Marino, et al. "Caracterización fitoquímica, determinación del contenido de lignina y la actividad antioxidante de los culmos de *Guadua angustifolia* Kunth." **Revista Facultad de Ciencias Básicas**, 2015.
- MOTA, M.R.L., Criddle, D.N., Alencar, N.M.N. et al. Modulação da inflamação aguda por uma lectina ligadora de quitina de sementes de *Araucaria angustifolia* via mastócitos. **Naunyn-Schmied Arch Pharmacol** 374, 1–10. 2006.
- MOURA, G. M. M. Uma nova lectina lactose-específica isolada do fungo *Langermannia bicolor* com propriedades antibiofilme. Dissertação (Mestrado em Bioquímica), **Universidade Federal do Rio Grande do Norte**, Natal – 2019.
- MUÑOZ-LÓPEZ, J.; Camargo-García, J. C.; Romero-Ladino, C. Valuation of ecosystem services of guadua bamboo (*Guadua angustifolia*) forest in the southwestern of Pereira, Colombia. **Caldasia**, 43, 186-196, 2021.
- NAIDU, M.A. Antimicrobial activity of methanolic extracts of bamboo shoots *Bambusa vulgaris*. **International Journal of Pharmaceutical & Biological Archive**, 3: 1547-1549, 2013.

- NAYAK, L.; MISHRA, S. P. Prospect of bamboo as a renewable textile fiber, historical overview, labeling, controversies and regulation. **Fashion and Textiles**, v. 3, n. 2, p. 1-23, 2016.
- NETO, M. et al. Ethnobotany applied to the selection of medicinal plants for agroecological crops in rural communities in the Southern End of Bahia, Brazil. **Revista Fitos**, v. 15, n. 1, p. 40-57, Mar. 2021.
- NEWMAN, D. J., & CRAGG, G. M. "Natural products as sources of new drugs from 1981 to 2014". **Journal of Natural Products**, 79(3), 629-661. 2016.
- NIKOLAEVA, T.N.; et al. Método para Determinar o Conteúdo Total de Compostos Fenólicos em Extratos Vegetais com Reagente Folin-Denis e Reagente Folin-Ciocalteu: Modificação e Comparação. **Russ J Bioorg Chem** 48, 1519–1525. 2022.
- NIZET, V., & JOHNSON, R. M. Structure and function of the Gram-positive cell wall. *In: **Encyclopedia of Microbiology*** (4th ed.). Elsevier, 2020.
- NOSTRO, A., & PAPALIA, T. Essential oils and their active compounds: An updated review of their antimicrobial and antiviral activities. **Antibiotics**, 10(12), 1495, 2021.
- NOURBAKHS, F.; et al. Biofilmes bacterianos e seus mecanismos de resistência: um breve olhar sobre o tratamento com agentes naturais. **Folia Microbiol** 67, 535–554 (2022).
- OLIVEIRA, A. C. D.; et al. **Os dez anos da Política Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos (PNPMF) e os principais entraves da cadeia produtiva de extratos vegetais e medicamentos fitoterápicos no Brasil**. 2016.
- OLIVEIRA, C. F. R.; et al. Advances in lectin purification processes. **Biotechnology Advances**, 36(1), 48-72. 2018.
- OLIVEIRA, D. C. S. Composição química e atividades biológicas de extratos de *Guadua angustifolia* Kunth. 2019. 98 p. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Ciências Farmacêuticas, **Universidade de São Paulo**, São Paulo, 2019.

OLIVEIRA, J. F. Lectinas vegetais: de moléculas de defesa de plantas às suas diversas aplicações biotecnológicas. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas), **Universidade Estadual do Oeste do Paraná**, Cascavel – PR, 2018.

OLIVEIRA, W.; Cramer, C.L. Direcionamento de macromoléculas para o SNC e outros órgãos difíceis de tratar usando entrega mediada por lectina. *Int. J. Mol. Sci.* 2020.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE. (2023). *Drinking-water*. Retrieved from: disponível em: <<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>>. Acesso em 10 de outubro de 2024.

PAIVA, P. M. G. et al. Antimicrobial activity of secondary metabolites and lectins from plants. **Current Research, Technology and Education Topics in Applied Microbiology and Microbial Biotechnology**, v. 1, p. 396-406, 2010.

PAIVA, P. M. G.; et al. Lectins and trypsin inhibitors from plants: biochemical characteristics and adverse effects on insect larvae. **Nova Science Publishers**, Inc., New York, p. 52, 2013.

PAIVA, P. M., COELHO, L. C. Purification and partial characterization of two lectin isoforms from *Cratylia mollis* mart. (camaratu bean). **Applied Biochemistry and Biotechnology**, v.36, p. 113-118, 1992.

PALHARINI, J. G.; et al. Eutirucallin: a lectin with antitumor and antimicrobial properties. **Frontiers in cellular and infection microbiology**, 7, 136, 2017.

PAPPAS, P. G.; et al. Invasive candidiasis. **Nature Reviews Disease Primers**, v. 4, p. 18026, 2018.

PÉRCOPE, S. Diarreia aguda. *Pediatria moderna*, 51: 141-148. 2015.

PEREIRA, M. A. R.; BERALDO, A. L. Bambu de corpo e alma. Bauru: **Canal 6 Editora**, 2008. 240p.

PEREIRA, R. J; CARDOSO, M. G. Vegetable secondary metabolites and antioxidants benefits. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 3, n. 4, p. 146-152, nov 2012.

PEUMANS, W. J., & VAN DAMME, E. J. Lectins as plant defense proteins. *Plant Resistance to Herbivores and Pathogens: Ecology, Evolution, and Genetics*. **University of Chicago Press**, 2010.

POIROUX G., et al. Lectinas vegetais direcionadas a *O-glicanos* na superfície celular como ferramentas para diagnóstico, prognóstico e terapia do câncer. **Revista Internacional de Ciências Moleculares**. 2017.

POVINELI, K. L.; FINARDI. F.F. **As múltiplas funções das lectinas vegetais**. Nutrire, v. 24, p. 135-156, 2002.

PRACHI V. M.S, et al. Visão geral das lectinas. In: Elumalai, P., Lakshmi, S. (eds) Lectinas. **Springer**, Cingapura. 2021.

PRANG R. B., & Thompson, A. J. Investigação e comparação da propriedade antibacteriana de plantas de bambu, fibras naturais de bambu e têxteis comerciais de viscose de bambu, 2020.

PROCÓPIO, T. F. et al. Casu: A new lectin isolated from *Calliandra surinamensis* leaf pinnulae with cytotoxicity to cancer cells, antimicrobial activity and antibiofilm effect. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 98, p. 419–429, 2017.

RADHAKRISHNAN, A.; et al. **Classificação de lectinas**. Lectinas. Springer, Cingapura., 2021.

RASKIN, I. et al. Plants and Human Health in the Twenty-First Century. Trends Biotechnology, v. 20, n. 12, p. 522-531, 2002.

RASOOLI, I., & Ghazvini, K. **Ethnomedicine and its impact on modern medicine: A review**. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 16(1), 47, 2020.

REID T.; et al. **Screening of mushrooms from the woodlands of Zimbabwe: Occurrence of lectins and partial purification of a mucin specific lectin from *Boletus edulis***. *PLoS One*, v. 17, n. 4, 2022.

REZABAKHSH A, Mahmoodpoor A, Soleimanpour H. **Perspectiva histórica da aspirina: uma jornada da descoberta à prática clínica História antiga e moderna**. *J Cardiovasc Thorac Res.*; 2021.

RIOS, J. L., & RECIO, M. C. Medicinal plants and antimicrobial activity. *Journal of Ethnopharmacology*, 100(1-2), 80-84. 2005.

ROCHA, F. A; et al. **O Uso Terapêutico Da Flora Na História Mundial**. Holos. 2015.

ROCHFORD, I., & MITTENHUBER, G. Lipid composition and membrane proteins of Gram-negative bacteria: Structural insights and functional implications. *Current Opinion in Microbiology*, 65, 113-121, 2022.

RODRIGUEZ-CASADO, A. The health potential of fruits and vegetable phytochemicals: notable examples, *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 56, p.1097–1107, 2016.

ROJAS QUIROGA, R. A.; et al. A measurement of the carbon sequestration potential of *Guadua angustifolia* in the Carrasco National Park, Bolivia, Development Research Working Paper Series, Nº. 04/2013, **Institute for Advanced Development Studies (INESAD)**, La Paz. 2013.

SÁ, R. A.; et al. Larvicidal activity of lectins from *Myracrodruon urundeuva* on *Aedes aegypti*. **Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology**, v. 149, n. 3, p. 300-306, 2009.

SÁNCHEZ Echeverri, L. A., & García, M. E. R. caracterização morfológica e estrutural de fibras no colmo do bambu dentro de colmo – *Guadua angustifolia KUNTH*. *Ciência Florestal*, 28(4), 1676, 2018.

SANTOS JUNIOR, A. G. et al. Avaliação de métodos para obtenção de proteínas recombinantes. **Science and animal health**, v. 5, n. 2, p. 166-177, 2017.

- SANTOS, A. F. S.; et al. Lectins: Function, structure, biological properties and potential applications. **Current topics in Peptide & Protein Research**. Vol. 15, 2014.
- SANTOS, A. G. Identificação, purificação e caracterização de uma lectina de folhas de *Jatropha multifida* L. (MALPIGHIALES:EUPHORBIACEAE) **Universidade Federal de Alagoas**, Dissertação de Mestrado, 2020.
- SANTOS, A. L., et al. *Staphylococcus aureus*: visitando uma cepa de importância hospitalar. **J Bras Patol Med Lab.**, v. 43, n. 6, p. 413-423, 2007
- SANTOS, A.; Santos, D.O.; Freitas, C.C.; Ferreira, B.L.A.; Afonso, I.F.; Rodrigues, C.R.; Castro, H.C. *Staphylococcus aureus*: visitando uma cepa de importância hospitalar. **Jornal Brasileiro de Patologia e Medicina Laboratorial**, 43: 413-423. 2007.
- SANTOS, E. R. D. Material Complementar ao livro Sistemática Vegetal I: Fungos, **Universidade Federal de Santa Catarina**, Florianópolis, 2015.
- SANTOS, L. M. M. Investigação do potencial antifúngico de lectina de sementes de *Moringa oleifera* (WSMoL) contra espécies de *Candida* e *Cryptococcus*. Tese (Doutorado em Bioquímica e Fisiologia), **Universidade Federal de Pernambuco**, Recife, 2021.
- SANTOS, Ravelly Lucena et al. Análise sobre a fitoterapia como prática integrativa no Sistema Único de Saúde. **Rev bras plantas med.**, v. 13, n. 4, p. 486-91, 2011.
- SCHMIDT, J. J., & BIRKEDAL-HANSEN, H. Antimicrobial peptides: Mechanisms of action and potential clinical applications. **Microbiology and Molecular Biology Reviews**, 83(1), e00024-18, 2019.
- SETH, A., & Wang, Y. Peptidoglycan structure and function: **A review. Cellular Microbiology**, 22(10), e13209, 2020.
- SHARMA, M., et al. Purification, characterization and biological significance of mannose binding lectin from *Dioscorea bulbifera* bulbils. **International Journal of Biological Macromolecules**, 102, 1146-115, 2017.

SHEN, H.; WANG, Y.; et al. **Efeitos da espécie e do estágio de crescimento nas capacidades antioxidante e antifúngica, teor de polifenóis e perfis voláteis das folhas de bambu. 2024.**

SHENG-Ce T. et al. Microarrays de lectina identificam marcadores de glicano de superfície celular específicos e funcionalmente significativos, *Glycobiology*, Volume 18, pág 761–769, 2008.

SILVA V.C.S. Avaliação do efeito do extrato aquoso, fração proteica e lectina das sementes de Moringa oleifera sobre cepas de Staphylococcus aureus. **European journal of health research**. Recife - PE, 2022.

SILVA, I. F. D.; PEREIRA, D. D. S.; SILVA, S. R. F. Estudos morfológicos do bambu (*Bambusa cf. vulgaris* L.), uma espécie invasora em área de mata atlântica no parque municipal de Maceió-Alagoas. **Revista Semente**, v. 6, n. 6, p. 99-109, 2011.

SILVA, P. M. **Caracterização estrutural e avaliação da atividade antimicrobiana da lectina da testa de Punica granatum L.**, 2015.

SINGH, R. S. et al. Protozoa lectins and their role in host–pathogen interactions. **Biotechnology advances**, v. 34, n. 5, p. 1018-1029, 2016.

SINGH, S. S. G. M., et al. "Resistance Mechanisms in Fungal Pathogens." **Mycological Research**, 28(1), 67-80, 2024.

SORENG, R. J.; et al. A worldwide phylogenetic classification of the Poaceae (Gramineae). **Journal of Systematics and Evolution**, v.53, p.117-137, 2015.

SPEROTTO, R. A. Protocolos e métodos de análise em laboratórios de biotecnologia agroalimentar e de saúde humana. **Lajeado: Editora Univates**, 2014.

ŠURAN, J.; et al. Polietilenoglicol não aquoso como uma alternativa mais segura aos extratos de própolis etanólicos com atividade antioxidante e antimicrobiana comparável. *Antioxidantes*. 2021.

- TAIZ, L. et al. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. **Artmed Editora**, 2017.
- TAKAHASHI, T.; MIZUI, K.; MIYAZAWA, M. Volatile compounds with characteristics odour in Moso- bamboo stems (*Phyllostachys pubescens* Mazel ex Houz. De ehaie). **Phytochemical Analysis**, v.21, p.489-95, 2010
- TANAKA, A.; et al. Antibacterial compounds from shoot skins of moso bamboo (*Phyllostachys pubescens*). *Journal of Wood Science*, 66(1), 1-12. 2020.
- TANG Q.; et al. Simultaneous Determination of 10 Bioactive Components of *Lophatherum gracile* Brongn by HPLC-DAD. **Chromatogr. Sci.**, v. 53, p. 963-967, 2015.
- VAN DAMME, E. J. M.; et al. Plant Lectin: A composite of several distinct families of structurally and evolutionary related proteins with diverse biological roles. **Cr Rev Plant Sci**, v. 17, p. 575-692, 1998.
- VAN LOON, L. C., & van Strien, E. A. The families of pathogenesis-related proteins, their activities, and comparative analysis of PR-1 type proteins. **Plant Molecular Biology**, 60(5), 741-761, 2006.
- VAOU, N.; et al. Rumo aos avanços na atividade antimicrobiana de plantas medicinais: um estudo de revisão sobre desafios e perspectivas futuras. **Microrganismos**, 9, 2041, 2021.
- VAUZOUR, D.; CORONA, G.; SPENCER, J. P. E. Caffeic acid, tyrosol and p-coumaric acid are potent inhibitors of 5-S-cysteinyl-dopamine induced neurotoxicity. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v. 501, p. 106–11, 2010.
- VENUGOPALA, K. N.; et al. Review on natural coumarin lead compounds for their pharmacological activity. *BioMed Research International*, 2013, 963248. 2013.
- VIZZOTTO, M; KROLOW, A. C; WEBER, G. E. B. Metabólitos secundários encontrados em plantas e sua importância. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa**. Clima Temperado documento 316, Pelotas/RS, 2010.

VOIGT, K., et al. The fungal hypha: An architecture for efficient nutrient uptake and adaptation. **Frontiers in Microbiology**, 12, 678909, 2021.

VOLPATO LER, Trigueiro PGC, Aranha AMF, Violante IMP, Silva RAD, Oliveira RC. Potencial antimicrobiano de extratos vegetais do Cerrado brasileiro. **Braz Dent J**. janeiro-fevereiro; 33(1):96-104. 2022.

WEI, Q.; et al. Simultaneous Determination of 13 Flavonoids in Bamboo Leaves by HPLC. **Sci. Silvae Sin.**, v. 8, p. 81–87, 2015.

WIGGINS, J.; et al. Identificação de uma nova lectina antiviral contra a variante SARS-CoV-2 Omicron a partir de nanopartículas semelhantes a vesículas derivadas de cogumelo Shiitake. **Virus**. 2024.

WINK, M. Evolution of secondary metabolites from an ecological and molecular phylogenetic perspective, **Phytochemistry**, Volume 64, Issue 1, 2003.

WRÓBLEWSKA, K. B.; et al. Medicinal Properties of Bamboos, Pharmacognosy - Medicinal Plants, Shagufta Perveen and Areej AL- Taweel. **Intechopen**, 2018.

WU, A.M., Dudek, A. & Chen, Y.L. Fatores de reconhecimento da aglutinina de *Dolichos biflorus* (DBA) e seus locais de acomodação. **Glycoconj J** 40, 383–399. 2023.

XIONG, R-G.; et al. Antioxidant Activities, Phenolic Compounds, and Sensory Acceptability of Kombucha-Fermented Beverages from Bamboo Leaf and Mulberry Leaf. **Antioxidants**, v. 12, n. 8, p. 1573, 2023.

XU, Y., Zhang, Y., & Li, M. "The Bamboo Industry in Asia: History, Applications, and Sustainability." **Journal of Bamboo and Rattan**, 21(1), 1-18, 2022.

YAP, P. S. X.; et al. Essential oils, a new horizon in combating bacterial antibiotic resistance. **The Open Microbiology Journal**, v. 8, p. 6-14, 2014.

YEASMIN, L.; et al. Bamboo: an overview on its genetic diversity and characterization. **Biotech**, v. 201, p. 1–11, 2015.

YI, C. A.; et al. O extrato de rizoma de bambu preto melhora a disfunção cognitiva regulando positivamente a expressão de BDNF e CREB do hipocampo em ratos com lesão de isquemia-reperfusão cerebral. ***Doença Neuropsiquiátrica e Tratamento***, 17, 2257–2267, 2021.

YIN, W.; et al. Biofilms: The Microbial “Protective Clothing” in Extreme Environments. ***International Journal of Molecular Sciences***, 20(14), 3423. 2019.

ZHANG, J. et al. Antibacterial activity of water-phase extracts from bamboo shavings against food spoilage microorganisms. ***African Journal of Biotechnology***, v. 9, p. 7710-7717, 2010.

ZHOU, B. Z.; FU, M. Y.; XIE, J. Z.; YANG, X. S.; LI, Z. C. Ecological functions of bamboo forest: Research and application. ***Journal of Forestry Research.***, v.16, pag. 143-147, 2005.