



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

MICHAEL ARAUJO RODRIGUES

**Caracterização química das madeiras de *Andira anthelmia* (Vell.) Benth e
Mimosa tenuiflora (Wild) Poir. oriundas de remanescente da Caatinga**

Prof. Dr^a. NATÁLIA DIAS DE SOUZA
Orientador

SEROPÉDICA, RJ
SETEMBRO – 2022



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

MICHAEL ARAUJO RODRIGUES

Caracterização química das madeiras de *Andira anthelmia* (Vell.) Benth e *Mimosa tenuiflora* (Wild) Poir. oriundas de remanescente da Caatinga

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Florestal, como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Florestal, Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Prof. Dr^a. NATÁLIA DIAS DE SOUZA
Orientador

SEROPÉDICA, RJ
SETEMBRO – 2022

**Caracterização química das madeiras de *Andira anthelmia* (Vell.) Benth e
Mimosa tenuiflora (Wild) Poir. oriundas de remanescente da Caatinga**

MICHAEL ARAUJO RODRIGUES

APROVADA EM: 12/09/2022

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr^a. NATÁLIA DIAS DE SOUZA – UFRRJ
Orientador

Dr^a. DANIELLE AFFONSO SAMPAIO – ENGENHEIRA FLORESTAL
Membro

Dr^a. KELLY CARLA ALMEIDA DE SOUZA BORGES – ENGENHEIRA FLORESTAL
Membro

DEDICATÓRIA

Dedico esta monografia a Deus, pai irrefutável de todas as coisas e minha amada mãe, Maria Leda.

AGRADECIMENTOS

A Jesus Cristo, que com seu espírito santo, manifestou em minha vida mais graças do que eu consigo listar, faz de mim, meu senhor, seu aprendiz para viver na verdade, justiça e na tua paz.

Aos meus avós que mesmo não estando mais aqui comigo sempre acreditaram em mim, sei de verdade que essa vitória alegraria você minha querida vó Antônia, sinto tanto a sua falta, tanta saudade do seu abraço, sorriso, mas o seu amor continua comigo, esteja em paz no céu.

A minha mãe Maria Leda, que sempre me ama e apesar de todas as dificuldades da vida, manteve a difícil tarefa de criar três filhos, devo tudo a você mama.

Aos meus irmãos Raner e Vanina, que diversas vezes me ajudaram e estavam ao meu lado, Deus abençoou minha vida com a companhia de vocês, sei que nunca estarei sozinho tendo vocês ao meu lado.

A minha tia Elizabeth, meus tios Berg, Luiz, Nem, minhas primas Beatriz, Caroline, Maria Júlia, Laura e meu primo Miguel, sei que em diversos momentos eu estive distante para alguns, porém meu coração está com cada um de vocês e agradeço pelos momentos felizes que compartilhamos, vocês fazem parte da minha vida.

Ao meu amigo Alex Sandro, por ser um amigo de verdade durante todos esses anos e me ajudar ao longo dessa caminhada dentro e fora da universidade, essa parte da minha história também só foi possível graças ao seu apoio, querido amigo.

A pró-reitora de Assuntos Estudantis Juliana Arruda, com quem na época compartilhei minhas necessidades financeiras para conseguir alimentação e com um gesto de bondade concedeu os tickets para assegurar minha permanência na universidade, jamais esquecerei tamanho carinho e gentileza,

A Yasmin Anjos e seus pais Bia e Pelé, gratidão pelos momentos que estivemos juntos e por todo amor, carinho, ajuda e hospitalidade. Peço a Deus que sempre abençoe suas vidas.

Aos meus amigos, Eduardo, Leandro, Sidney e Fabíola pelos momentos de boas risadas, divertimento e por serem amigos para todos os momentos.

A Jessica pelo carinho, amor e cuidado, não posso reclamar do caminho ter sido difícil, pois você está sempre ao meu lado.

A minha orientadora Natália Dias, que concedeu seu tempo, paciência, apoio e acreditou na construção deste trabalho.

Aos professores do curso de Engenharia Florestal da UFRRJ, em especial, Alexandra, Azarias, Jeronimo, Fernando, Natane, Marco Monte, Paulo Lelis e Roberto Lelis que contribuíram com meu crescimento profissional através de todos os conhecimentos compartilhados, orientações e inspirações.

Ao técnico do laboratório José Carlos, que me guiou e ensinou os procedimentos com muita boa vontade e tornou-se um amigo crucial para a elaboração desta monografia.

A minha amiga de laboratório Ana Cristina pela enorme contribuição e paciência por ensinar os detalhes dos experimentos qualitativos, sempre demonstrando muito companheirismo e tornando mais leve esses momentos.

Ao Sr. Otávio da divisão de guarda e vigilância pela amizade, presentes, bons conselhos e generosidade que demonstra em sempre estar disponível para apoiar nos momentos difíceis.

Eu agradeço todos que me ajudaram, do fundo do meu coração envio meus sentimentos de agradecimento.

E por ter conhecido todos vocês...

Obrigado!

RESUMO

A Caatinga é um bioma brasileiro que abriga uma grande biodiversidade e aspectos únicos que não podem ser encontrados em nenhum outro lugar do planeta. As espécies *Andira anthelmia* e *Mimosa tenuiflora* fazem parte da flora nativa desse bioma, possuindo uma elevada importância ecológica, cultural e farmacêutica respaldada pelas suas diversas possibilidades de uso múltiplos pela sociedade humana. Diante do exposto, esse trabalho teve como objetivo realizar a caracterização química da madeira de *Andira anthelmia* (Vell.) Benth e *Mimosa Tenuiflora* (Wild) Poir, visando o mapeamento quantitativo e qualitativo dos componentes químicos presentes na árvore inteira. A abordagem quantitativa descreveu os teores percentuais dos extrativos totais, holocelulose e a lignina insolúvel, ao passo que as análises utilizadas para a avaliação qualitativa foram feitas a partir do extrato hidrofílico dos extrativos da madeira de ambas as espécies. As análises da madeira de *Mimosa tenuiflora* obtiveram valores médios percentuais de extrativos totais (9.38%), holocelulose (67.45%), lignina (22.22%) e resultados positivos para taninos condensáveis, leucoantocianidinas, flavanonas, flavonóis, flavanonas, flavanonois, xantonas, triterpenóides, saponinas e alcalóides. Ao passo que a madeira de *Andira anthelmia* demonstrou (3.21%) para extrativos totais, (63.11%) para holocelulose, (20.89%) para lignina, positivando nos testes para taninos condensáveis, leucoantocianidinas, flavanonas, flavonóis, flavanonas, flavanonois, xantonas, triterpenóides e alcalóides. A abordagem realizada possibilitou conhecer diversos compostos químicos presentes na madeira de *Andira anthelmia* e *Mimosa tenuiflora* que podem ser utilizados para diferentes fins.

Palavras-chave: Angelim, Caatinga, composição química, extrato hidrofílico, Jurema-preta.

ABSTRACT

The Caatinga is a Brazilian biome home to incredible biodiversity and unique aspects that cannot be found anywhere else on the planet. The species *Andira anthelmia* and *Mimosa tenuiflora* are part of the native flora of this biome, having a high ecological, cultural, and pharmaceutical importance supported by their diverse possibilities of use by human society. According to the data presented above, this work aimed to chemically characterize *Andira anthelmia* (Vell.) Benth and *Mimosa Tenuiflora* (Wild.) Poir wood, the quantitative and qualitative mapping of the chemical components in the full tree. The quantitative approach described the percentage contents of total extractives, holocellulose and insoluble lignin while the analyzes used for the qualitative evaluation were made from the hydrophilic extract of the extractives of both species of wood. The analysis of *Mimosa tenuiflora* wood obtained average percentage values of total extractives (9.38%), holocellulose (67.45%), lignin (22.22%), and positive results for condensed tannins, leucoanthocyanidin, flavanone, flavonols, flavanonol, xanthones, triterpenoids, saponins, and alkaloids. While *Andira anthelmia* wood showed (3.21%) for total extractives, (63.11%) for holocellulose, (20.89%) for lignin and positive results in tests for condensed tannins, leucoanthocyanidin, flavanone, flavonols, flavanonol, xanthones, triterpenoids, and alkaloids. The approach made it possible to know several chemical compounds present in the wood of *Andira anthelmia* and *Mimosa tenuiflora* that can be used for different purposes.

Keywords: Angelim, Caatinga, Chemical composition, hydrophilic extract, Jurema-preta.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	1
2.	REVISÃO DE LITERATURA	2
2.1	Bioma Caatinga	2
2.2	Família Fabaceae.....	4
2.2.1	<i>Mimosa tenuiflora</i> (Wild.) Poir.....	5
2.2.2	<i>Andira anthelmia</i> (Vell.) Benth.....	7
2.3	Composição química da madeira.....	8
2.3.1	Celulose	9
2.3.2	Hemicelulose	10
2.3.3	Holocelulose	11
2.3.4	Lignina	11
2.3.5	Extrativos	12
2.3.5.1	Taninos	13
2.3.5.2	Flavonóides	14
2.3.5.3	Leucoantocianidinas	15
2.3.5.4	Terpenos.....	16
2.3.5.5	Xantonas.....	17
2.3.5.6	Saponinas	18
2.3.5.1	Alcalóides	19
3.	MATERIAL E MÉTODOS.....	20
3.1	Material	20
3.2	Análise da composição química	20
3.2.1	Teor de extrativos.....	21
3.2.2	Teor de holocelulose	22
3.2.3	Teor de lignina.....	23
3.2.4	Testes para o extrato hidrofílico	23
3.2.4.1	Teste para fenóis e taninos	24
3.2.4.2	Teste para antocianinas, antocianidinas e flavonóides	24
3.2.4.3	Teste para leucoantocianidinas, catequinas e flavonas.....	24
3.2.4.4	Teste para flavonóis, flavanonas e xantonas.....	25
3.2.4.5	Teste para esteróides e triterpenóides	25
3.2.4.6	Teste para saponinas.....	25
3.2.4.7	Determinação de Alcalóides	25
3.2.4.8	Determinação de Resinas.....	25
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
4.1	Caracterização química quantitativa de <i>Mimosa tenuiflora</i>	26
4.2	Caracterização química quantitativa de <i>Andira anthelmia</i>	27
4.3	Caracterização química qualitativa.....	28
4.3.1	Teste hidrofílico	28
5.	CONCLUSÃO	37
6.	REPERFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Cores das reações do extrato hidrofílico para identificação de antocianinas, antocianidinas, flavonas, flavonóis, xantonas, chalconas, auronas e flavanonóis.....	24
Tabela 2 – Cores das reações do extrato hidrofílico para identificação de leucoantocianidinas, catequinas e flavonas	24
Tabela 3 – Classes das substâncias presentes nos testes realizados com o extrato hidrofílico de <i>Andira anthelmia</i> e <i>Mimosa tenuiflora</i>	28

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Limite territorial do bioma Caatinga	2
Figura 2 - Características vegetativas da árvore de <i>Mimosa tenuiflora</i>	5
Figura 3 - Discos de madeira de <i>Mimosa tenuiflora</i>	6
Figura 4 - Características vegetativas da espécie <i>Andira anthelmia</i>	7
Figura 5 - Arranjo típico da parede celular vegetal	8
Figura 6 - Estrutura química da celulose	9
Figura 7 - Representação da celulose na parede das fibras	9
Figura 8 - Componentes monoméricos das hemiceluloses presentes na madeira	10
Figura 9 - Esboço da tora de madeira, fibras e nanofibrila de celulose (CNF) em diferentes escalas	11
Figura 10 - Precursores iniciais da lignina	11
Figura 11 - A estrutura química de determinados extrativos presentes na madeira	13
Figura 12 - Estrutura química do flavan-3-ol e flavan 3,4-diol	13
Figura 13 - Estrutura química dos taninos hidrolisáveis	14
Figura 14 - Estruturas químicas de alguns flavonóides vegetais	15
Figura 15 - Estrutura química da leucopeonidina	16
Figura 16 - Exemplos de diferentes classes de terpenóides	17
Figura 17 - Esquema representando a estrutura do núcleo xantônico numerado	18
Figura 18 - Estrutura típica de uma saponina	18
Figura 19 - Estrutura química de diferentes tipos de alcalóides	19
Figura 20 - Mapa de localização da Fazenda Milhã	20
Figura 21 - Equipamento Soxhlet convencional	21
Figura 22 - Componentes do dispositivo rotativo de evaporação	22
Figura 23 - Médias dos componentes químicos quantitativos em <i>Mimosa tenuiflora</i>	26
Figura 24 - Médias dos componentes químicos quantitativos em <i>Andira anthelmia</i>	27
Figura 25 - Precipitado de coloração verde positivo para taninos condensados	29
Figura 26 - Coloração positivo para flavanonóis em <i>Mimosa tenuiflora</i> (tubo de ensaio 3) ..	30
Figura 27 - Coloração característica vermelha positivo para leucoantocianidinas	31
Figura 28 - Coloração característica laranja positivo para flavanonas	32
Figura 29 - Resultado positivo para flavonóis, flavanonas, flavanonóis e xantonas	33
Figura 30 - Teste positivo para triterpenóides	34
Figura 31 - Teste positivo para saponinas	35
Figura 32 - Formação de precipitado floculoso positivo para alcalóides	36

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento global de forma sustentável está intimamente ligado a importantes fatores ambientais, econômicos, sociais e a gestão integrada entre eles para o sucesso na restauração dos ecossistemas degradados (UNGA, 2019). Dentre os fatores de degradação da paisagem encontrados no Brasil, os principais compreendem o desmatamento, formas de uso intensivas do solo, a ocupação de áreas vulneráveis de cursos d'água e encostas declivosas (CALMON, 2021).

Considerando previamente os fatores de degradação e as áreas prioritárias para conservação da biodiversidade do território brasileiro, o Ministério do Meio Ambiente (MMA), propôs um sistema de classificação da vegetação baseado em entidades identificáveis que se distinguem de outros conjuntos vegetais, compreendendo biomas (GIULIETTI et al., 2004). Entre os biomas do Brasil, a Caatinga é um complexo peculiar dentre as grandes regiões ecológicas, pois é um ambiente único que não é partilhado com nenhuma outra nação do mundo devido as suas características heterogêneas existentes no solo, relevo, topografia, clima e vegetação, que abrigam um vasto número de espécies endêmicas conhecidas, principalmente os representantes vegetais da família Fabaceae, tudo isso somado ainda a uma grande oportunidade potencial de catalogar novos organismos, uma vez que poucos estudos de exploração científica são feitos nesta vasta área (TABARELLI et al., 2018).

A família Fabaceae possui o maior número de espécies endêmicas dentro do sertão brasileiro e uma ampla diversidade de representantes dentro do bioma da Caatinga, considerada a terceira maior família do reino vegetal, sua importância estende-se a vários setores econômicos, de recursos alimentícios e possibilidades de usos ornamentais pra diversos efeitos paisagísticos (MOURA et al., 2017). Além de ser a família com maior representatividade de espécies com potencialidades promissoras para uso medicinal natural, das quais podemos destacar as espécies de *Andira anthelmia* e *Mimosa tenuiflora* (PEREIRA JÚNIOR et al., 2014).

A *Andira anthelmia* é uma espécie arbórea pertencente à família Fabaceae e é encontrada nativamente no bioma Caatinga, onde seus representantes possuem um importante valor regional devido aos seus diversos usos (ANTUNES; ARBO; KONRATH, 2022). Essa espécie possui muitas potencialidades complementares, podendo ser utilizada na arborização urbana de calçadas e de forma geral, sua madeira possui bons resultados em testes de usinagem (DIAS JÚNIOR et al., 2014; PENNA, 2022).

Outra espécie pertencente à família Fabaceae e que ocorre naturalmente na vegetação da Caatinga é a *Mimosa tenuiflora*, seus indivíduos possuem muitos usos múltiplos na alimentação de diversos animais (ARAÚJO; ALBUQUERQUE; GUIMARÃES FILHO, 2006; GARIGLIO et al., 2010; CALDAS et al., 2021), na recuperação de áreas degradadas (AZEVEDO et al., 2012), e na confecção de móveis e pequenas estruturas, por sua madeira apresentar uma boa estabilidade dimensional em conjunto com propriedades de resistência e rigidez proporcionais a outras espécies utilizadas no país para fins moveleiros (ROCHA et al., 2015).

A madeira possui uma enorme infinidade de funções, sendo usada em formato bruto ou como matéria-prima para confecção de diversos produtos em vários campos de aplicação dentro da indústria (NOGUEIRA, 2020). Apesar disso, no bioma Caatinga a madeira da maioria das espécies arbóreas são utilizadas apenas como fonte de energia, subestimando o potencial de certos indivíduos que poderiam ser aplicados na elaboração de produtos mais valiosos a partir dos estudos e conhecimento de suas propriedades tecnológicas (ALMEIDA, 2010; NOGUEIRA, 2020).

As árvores são as melhores fontes potenciais renováveis de bioprodutos valiosos para os setores químicos e de energia (USDA, 2022), porém somente através do conhecimento químico detalhado da madeira será possível obter progresso no desenvolvimento tecnológico de

produtos futuros capazes de substituir o padrão da indústria química atual baseada no petróleo, promovendo a química da madeira ao centro da indústria química global da nova bioeconomia (MAI; SCHMITT; NIEMZ, 2022). Portanto, este estudo teve como objetivo fornecer a caracterização fitoquímica da madeira de *Andira anthelmia* e *Mimosa tenuiflora*, oriundas de remanescente de floresta da Caatinga brasileira.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Bioma Caatinga

A Caatinga é uma ampla região ecológica com mais de 800 mil quilômetros quadrados de área (AQUINO et al., 2021), que abrange 11% do território brasileiro e nove estados dentro do seu domínio. Assim, estão incluídos em sua extensão, uma considerável parte dos estados de Pernambuco, Paraíba, Ceará, Rio Grande do Norte, Alagoas, Sergipe, Piauí, Minas Gerais e região central da Bahia (KIILL, 2021). A figura 1 apresenta um mapa que delimita a abrangência da Caatinga.

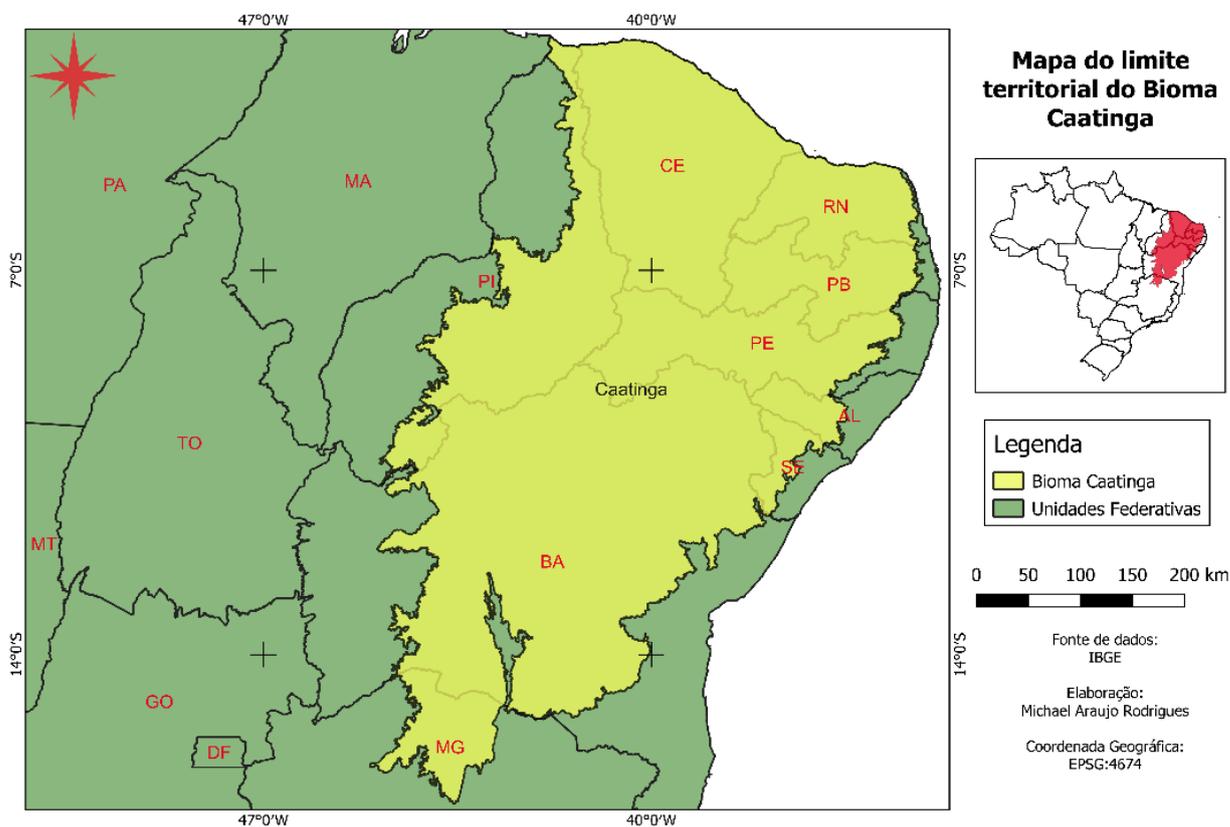


Figura 1 - Limite territorial do bioma Caatinga. Fonte: Autor (2022).

Essa dimensão territorial abriga uma rica biodiversidade repleta de endemismos com interações biológicas próprias na dispersão de sementes por répteis e formigas, de tal modo que a sua biota é representada por organismos especializados em enfrentar o clima seco, das quais 3150 espécies são plantas traqueófitas, 548 aves, 386 peixes, 276 formigas, 191 répteis, 183 mamíferos e 98 anfíbios. Apesar desses números afirmarem o status de importância do bioma

como as florestas secas mais ricas do mundo, algumas espécies da flora e fauna encontram-se ameaçadas, sofrendo baixas de seus representantes em vários grupos biológicos, principalmente, os insetos, mantendo-se um bioma relativamente pouco lembrado pela investigação científica (SILVA; LEAL; TABARELLI, 2017).

A perda da biodiversidade na Caatinga está atrelada a muitos fatores intensos de perturbação, entre eles a fragmentação, um fenômeno em geral de causas antrópicas que gera a descontinuidade estrutural das paisagens, com alterações que levam a perda e o isolamento de habitats (TABARELLI; GASCON, 2005). A redução das manchas de vegetação afeta a persistência das populações dentro dos remanescentes de floresta e a permanência dos organismos nessas paisagens são determinadas pelas respostas características que cada espécie irá gerar diante do estresse ao qual está sendo submetida nessas áreas alteradas (BAGUETTE; VAN DYCK, 2007).

De certa forma as espécies mais generalistas quanto as mudanças na estrutura da paisagem, tendem a ser mais tolerantes e ainda capazes de se deslocar entre os fragmentos de paisagem desconectados, aumentando consideravelmente sua sobrevivência e opções de busca por recursos (PIRES; FERNANDEZ; BARROS, 2006). Em contrapartida os indivíduos com um grau de apego mais restrito ao seu habitat original, com capacidade limitada de exposição ao deslocamento ou que necessitem de grandes espaços para manterem suas interações biológicas, são os mais afetados pelos resultados da fragmentação, por isso exigem estruturas de paisagens mais amplas e menos isoladas umas das outras, para que consigam existir nesses ambientes (FONSECA, 2017).

O aumento intensivo no uso da terra tem ameaçado o bioma da Caatinga, que é degradado fortemente pelas atividades humanas de exploração e criação de espécies de animais exóticas sob regime de pastejo, atrelado a abertura intencional da vegetação para conversão da biomassa vegetal em lenha, ração ou para o desenvolvimento de pasto herbáceo destinado a alimentação dos rebanhos, dificultando o processo de regeneração florestal dessas áreas (SALAZAR et al., 2021).

Apenas 1,75% do território original da Caatinga está inserido em unidades de conservação de proteção integral e 7% fazem parte dos sistemas de unidades destinadas ao uso sustentável (SALAZAR et al., 2021). Esses cenários de degradação provocaram mudanças severas no ecossistema da Caatinga, prejudicando o fornecimento de serviços ecossistêmicos cruciais a população presente no bioma, com previsão para maiores impactos futuramente em decorrência das alterações climáticas, caso as comunidades não conciliem a conservação ambiental com o desenvolvimento econômico (TABARELLI et al., 2018).

Apesar do bioma ser palco de uma destruição dramática em larga escala que levaram a uma perda maior que 45% da cobertura original de sua vegetação (FONSECA, 2017), esse cenário de alta fragmentação dos remanescentes revela a possibilidade de diversas oportunidades de estratégias de conservação da biodiversidade baseadas na ampliação e implementação de unidades de conservação em áreas consideradas prioritárias, com o objetivo de suprimir as perdas de habitat que desencadeiam os processos de desertificação, garantir os serviços ecossistêmicos fundamentais a melhoria da qualidade de vida das comunidades inseridas no bioma e a utilização consciente da natureza (LEAL et al., 2005).

A família Fabaceae é a mais representativa da Caatinga, no tocante especificamente referente a este bioma, existem cerca de 86 gêneros com um montante de 320 espécies neste ambiente de elevada relevância biológica (CÓRDULA; MORIM; ALVES, 2014).

2.2 Família Fabaceae

Apresentando padrões de distribuições em níveis continentais e globais, a família Fabaceae (cujas espécies são denominadas popularmente de leguminosas), é a terceira maior representante de plantas com flores do mundo, contando com 727 gêneros e aproximadamente mais de 19.325 espécies de plantas, sendo superada apenas pelas famílias das orquídeas (Orchidaceae) e margaridas (Asteraceae) (LEWIS et al., 2005).

O Brasil com sua diversidade de ecossistemas abriga cerca de 188 gêneros e 2100 espécies distribuídas nos mais variados distintos sítios, marcando presença em ambientes montanhosos, aquáticos, litoral arenoso e até mesmo em locais com estrutura de paisagem desértica (FERNANDES; GARCIA, 2008).

No ecossistema da Caatinga, os grupos vegetais são observados em diferentes formações, que abrangem desde ervas anuais, perenes, lianas, trepadeiras, até indivíduos de elevado porte arbóreo (SILVA, 2015).

Para as populações rurais locais do bioma, essa família ultrapassa os usos alimentícios e ornamentais. Ela está presente intimamente na vida das diversas comunidades, suprindo suas necessidades madeireiras e fornecendo-lhes alimento para rebanhos, produtos medicinais, além de estarem vivas nas culturas religiosas e no folclore dos povos que as usam em seus rituais (QUEIROZ, 2009).

Além disso a família apresenta uma composição bioquímica com classes de moléculas como as cumarinas, ácidos fenólicos, flavonoides, alcaloides, terpenoides e taninos capazes de desempenhar diversos efeitos alelopáticos vegetais que tornam essas plantas essenciais para conceber e sustentar os ecossistemas das quais fazem parte (OLIVEIRA et al., 2020). Segundo Oliveira (2016), alelopatia refere-se à capacidade de organismos vegetais desenvolverem estratégias naturais para proteção contra inimigos naturais e plantas competidoras. Essas estratégias envolvem metabólitos secundários liberados pelas plantas que interferem negativamente no desenvolvimento de organismos biológicos vizinhos e podem se tornar um mecanismo extremamente eficiente para o desenvolvimento de bioherbicidas e outros compostos químicos capazes de substituir ecologicamente a ampla base atual de princípios ativos sintéticos, potenciais causadores de danos ambientais (RAZAVI, 2010).

O grande potencial de destaque ambiental da família Fabaceae é ainda mais reforçado, uma vez que, seus representantes possuem a habilidade de fixar o nitrogênio (OLIVEIRA et al., 2020). Essa fixação biológica de nitrogênio (FBN) é tida como uma das mais notáveis e concretas interações biológicas observadas entre as plantas e os microorganismos, onde as bactérias se associam com as raízes dos vegetais, criando estruturas nodulares capazes de fixar o nitrogênio gasoso livre no ar e disponibilizar para as plantas um estoque de assimilação para a fabricação de proteínas, o que concede aos representantes dessa família uma valorosa potencialidade ecológica, social e econômica (SOUZA, 2012; FREITAS et al., 2015; LOIOLA; PATERNO; DINIZ; et al., 2020; OLIVEIRA et al., 2020).

As espécies de árvores que representam essa família apresentam características responsáveis pela identidade do grupo botânico. Para o bioma da Caatinga, essas particularidades são reconhecidas pelas espécies apresentando folhas alternas, compostas, existência de estípulas, frutos em formato de vagem com lóculo abrigando as sementes (COSTA et al., 2002).

2.2.1 *Mimosa tenuiflora* (Wild.) Poir

Mimosa tenuiflora (Wild.) Poir (popularmente conhecida como Jurema-preta) é uma espécie xerófila com comportamento arbustivo-arbóreo no bioma da Caatinga, frequentemente associada como indicadora dos processos dos estágios de recuperação ou sucessão ecológica secundária progressiva (CALIXTO JÚNIOR; DRUMOND; ALVES JÚNIOR, 2011).

Segundo o Programa Re flora que reúne um banco de dados biológicos da flora brasileira, a espécie possui uma ampla distribuição em toda a região do nordeste brasileiro, apresentando cultivos no Pará, mas também com indivíduos catalogados na extensão do estado de Minas Gerais. Sua identificação é feita, principalmente, pela disposição de seu cálice sendo 4-angulado e inflorescências latentes que coincidem com a época de formação das espigas durante a floração (DUTRA et al., 2022).

A árvore apresenta comportamento heliófila, podendo ter aproximadamente seis metros de altura com tronco rugoso castanho escuro, o que dá origem ao seu nome popular, com flores que podem ocorrer no período seco ou chuvoso (AMARAL et al., 2021). A figura 2 apresenta as estruturas especializadas da árvore de *Mimosa tenuiflora*.

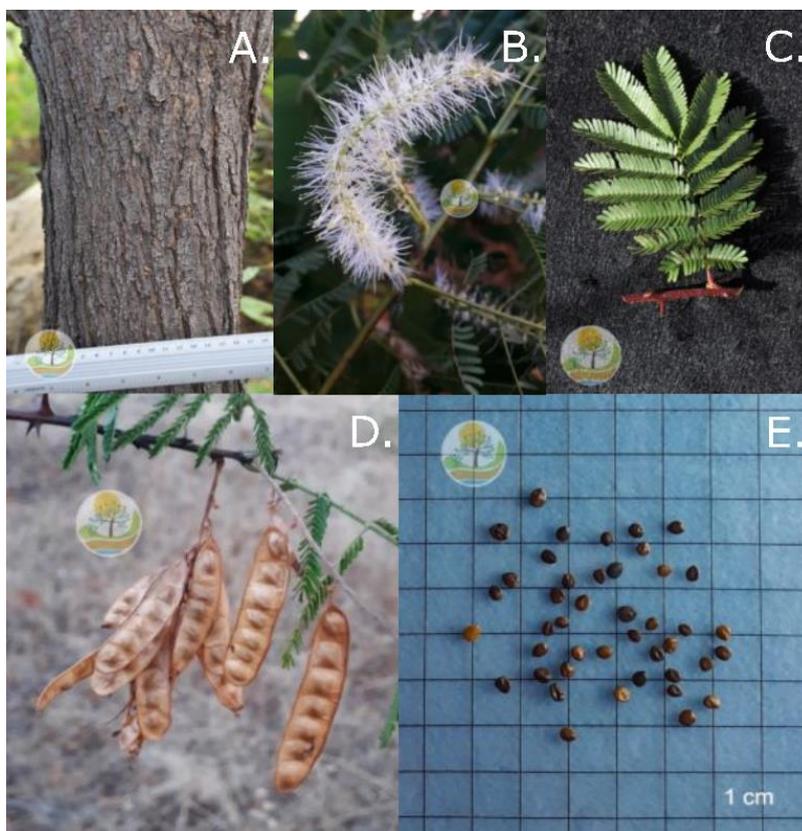


Figura 2 - Características vegetativas da árvore de *Mimosa tenuiflora*. (A) caule e casca; (B) inflorescência do tipo espiga com flores branca; (C) folha bipinada e alterna; (D) frutos secos do tipo vagem; (E) sementes ovóides. Fonte: (UFERSA, 2021).

A espécie possui sementes com dormência tegumentar que promove uma barreira física pela casca da semente, sendo necessário a escarificação para superar essa restrição a germinação. Todavia a imersão das sementes por quatro minutos em água quente e o desponte da semente na região oposta a micrópila são consideradas as melhores técnicas de superação de dormência para as sementes de *Mimosa tenuiflora* (BENEDITO, 2012).

A madeira dispõe de cerne e albarno bem distintos, onde o cerne apresenta coloração escura fortemente avermelhada e o albarno variando entre as cores de amarelo a vermelho. Os elementos de vaso possuem arranjo difuso de forma solitária, múltipla de dois ou ocasionalmente de três ou mais, com placas de perfuração simples e pontoações intervacuolares multisseriadas alternas guarnecidas; fibras libríforme, com paredes espessas, além disso fibras gelatinosas; os raios apresentam estratificação irregular; e com conteúdo de parênquima axial no seu lenho com a existência de células com cristais prismáticos de forma subdividida (SILVA et al., 2011). A figura 3 exibe a madeira de *Mimosa Tenuiflora*.

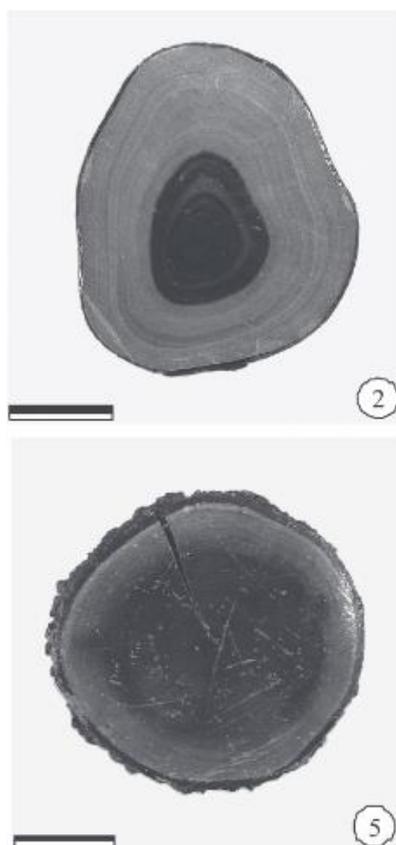


Figura 3 - Discos de madeira de *Mimosa tenuiflora*. (2,5) Seção transversal do tronco evidenciando albarno e cerne. Barras: figuras 2,5 = 2 cm. Fonte: (SILVA et al., 2011)

No Brasil a *Mimosa tenuiflora* possui uma forte ligação histórico-cultural com as sociedades indígenas e afro-brasileiras, onde está presente em vários dos rituais tribais antigos desses povos, principalmente, nas regiões semiáridas da Caatinga (ALBUQUERQUE, 2001). A bebida conhecida como “vinho de jurema” preparada a partir das cascas dessa planta em rituais de conexão espirituais religiosos, possuem ricas quantidades de N,N-dimetiltriptamina (DTM), um alcalóide triptamínico responsável por uma psicoatividade próxima ao LSD-25, causando efeitos psíquicos alucinógenos. Essas comunidades tradicionais também fazem o uso medicinal da espécie no tratamento de queimaduras, lesões e infecções em virtude das propriedades antimicrobianas que a espécie possui (SOUZA et al., 2008; AMARIZ et al., 2020).

Além da importância ecológica, farmacêutica e cultural a *Mimosa tenuiflora* também possui um grande potencial para a produção de taninos vegetais, compostos esses eficientes na precipitação das proteínas encontradas em peles e couros. No entanto os maiores teores dessas substâncias dependem das fenofases do indivíduo e frequentemente, apresentam-se os maiores

percentuais quando as plantas manifestam elevada presença de folhas verdes (AZEVEDO et al., 2017).

2.2.2 *Andira anthelmia* (Vell.) Benth

Andira anthelmia (Vell.) Benth (denominada popularmente de Angelim ou Sajadeira) é uma espécie pioneira e nativa do Brasil no bioma da Caatinga, suas plântulas apresentam a propriedade de serem cripto-hipógeo armazenadoras, com um horizonte de 240 dias para atingir o estágio de planta juvenil e dispõe de possibilidades de uso que se estendem para o potencial medicinal e madeireiro, este último devido a sua característica de possuir uma elevada durabilidade natural (DUARTE et al., 2011).

A etimologia da nomenclatura botânica da espécie deriva do tupi-guarani, em que *andira* representa “morcego” e o epíteto específico que segue *anthelmia* sugere as propriedades medicinais anti-helmínticas (PENNINGTON et al., 2018). É uma árvore perenifólia, geralmente com dimensões aproximadas de 25 metros de altura e 50 cm de DAP (diâmetro a altura do peito) no ciclo da fase adulta. Possui o tronco com ligeiras tortuosidades, casca externa cinzenta e rugosa que mede entre 10 mm de espessura. Suas folhas são alternas de 9 a 15 folíolos, variando de obovais a oblongos, com estípulas presentes. A inflorescência mostra-se como panículas terminais e axilares multifloras, com flores róseo-avermelhada. O fruto é do tipo drupa oblonga de cálice obtuso, carregando sementes de feição oval (CARVALHO, 2008). A figura 4 exhibe as estruturas especializadas da árvore de *Andira anthelmia* e suas características.



Figura 4 - Características vegetativas da espécie *Andira anthelmia*. (A) vista abaxial da base dos folíolos; (B) vista adaxial da base dos folíolos; (C) vista abaxial das folhas; (D) pecíolo mostrando estípulas; (E) Flor; (F) pétala carena, superfície interna; (G) pétala alada, superfície externa, com escultura lamelada; (H) gineceu, corte longitudinal; (J) gineceu; (K) androceu. Fonte: (PENNINGTON et al., 2018).

A madeira possui massa específica aparente moderadamente densa a densa (MAINIERI, 1973). O cerne apresenta-se de coloração bege-rosado-escuro ou róseo-queimado, e nas regiões fibrosas, até castanho avermelhado, sendo o lenho de superfície lustrosa, pouco áspera ao tato e de aspecto fibroso; a textura é grosseira; grã direta; sem cheiro e gosto distintos (CARVALHO, 2008). Possui uma resistência alta ao esmagamento perpendicular à direção das fibras, sendo que em flexão, estala e racha com facilidade (BOITEUX, 1947).

Segundo Armelin (2006), ainda que a espécie possua perfil heliófilo, tolera bem as condições sombreadas e apresenta estratégia de reprodução anual descontínua. Possui aptidão para ser conduzida em plantios puros, mistos ou de restauração, apresenta uma massa específica moderadamente densa a densa e sua madeira é ideal para produzir móveis, rodapés, molduras, portas, batentes, lambris, postes, mourões, estacas, além de propiciar lâminas faqueadas ornamentais (CARVALHO, 2008).

2.3 Composição química da madeira

A madeira apresenta uma composição química elementar característica, onde os elementos predominantes existentes são o carbono (49-50%), oxigênio (44-45%), hidrogênio (6%) e o nitrogênio (0,1-1%) (KLOCK; ANDRADE, 2013).

As células da madeira apresentam, essencialmente, três componentes químicos principais: celulose e hemicelulose, que formam uma matriz polimérica de carboidratos insolúveis, cimentadas pela lignina, uma macromolécula aromática, heterogênea, ramificada e amorfa (CÔTÉ, 1968; SJÖSTRÖM; WESTERMARK, 1999). A figura 5 mostra a matriz de interligação entre os carboidratos insolúveis e a lignina.

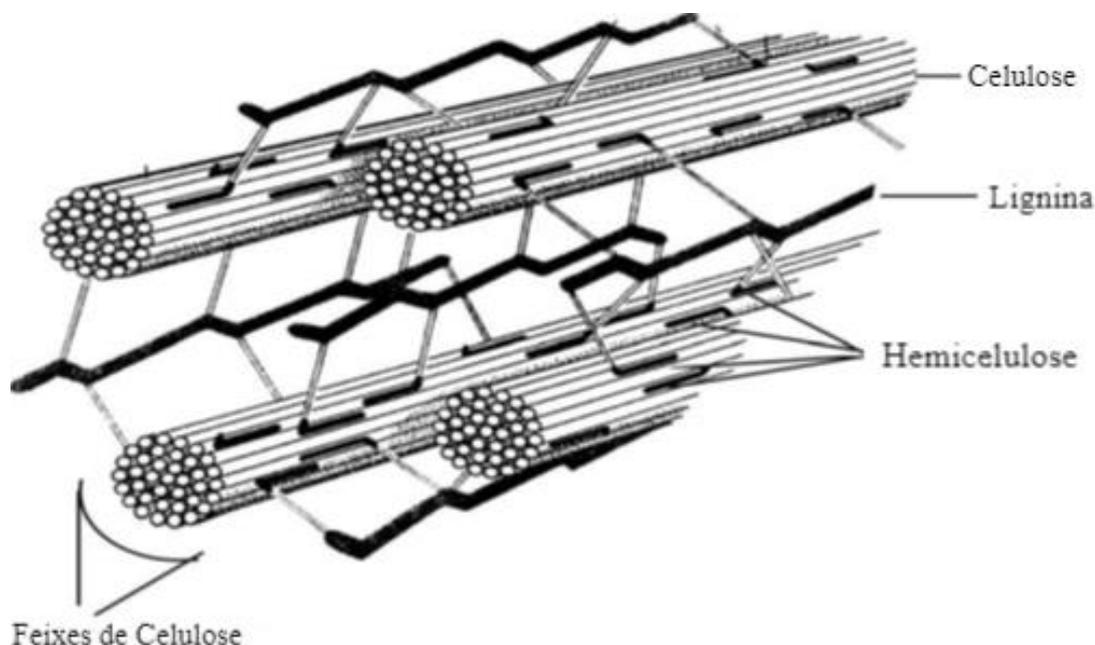


Figura 5 - Arranjo típico da parede celular vegetal. Fonte: modificado (MURPHY; MCCARTHY, 2005).

Representando uma fração composicional menor que é depositada fora da parede celular, os extrativos são substâncias complexas, de baixo peso molecular e que são solúveis em solventes de acordo com sua classe de componentes, que podem ser lipofílicos e hidrofílicos. Fora isto, também existe a presença de uma pequena concentração de outros elementos

inorgânicos (cálcio, potássio, magnésio, entre outros) que formam os constituintes minerais da madeira (PETTERSEN, 1984; SJÖSTRÖM; WESTERMARK, 1999).

2.3.1 Celulose

A celulose configura o componente de elevado peso molecular dominante presente nas madeiras de folhosas e coníferas, perfazendo aproximadamente 42% a 45% da composição química dessas madeiras, sua conformação é de um polímero linear que apresenta exclusivamente β -D-glicose (KLOCK; ANDRADE, 2013). A figura 6 exibe a estrutura principal da celulose, evidenciando sua linearidade e as ligações (1-4) glicosídicas características.

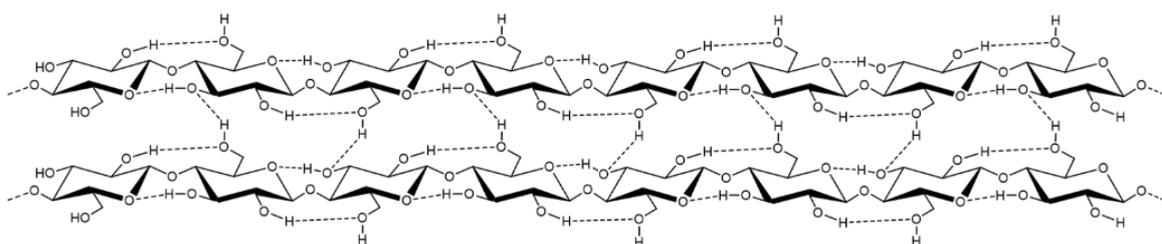


Figura 6 - Estrutura química da celulose. Fonte: (MA et al., 2022).

A fibrila elementar é considerada por muitos autores como o menor componente da estrutura celulósica, sendo essa fibrila estruturada pela união de 36 moléculas de celulose em feixes paralelos que se mantêm unidos por conta das ligações de hidrogênio. Como resultado dessa agregação, há a formação das fibrilas (micelas) que também se agregam e formam estruturas maiores denominadas microfibrilas, da combinação final destas últimas são geradas as macrofibrilas, detectadas em microscopia eletrônica. A figura 7 detalha as etapas até a formação da estrutura fibrilar de uma célula de madeira (ARAUJO, 2020).

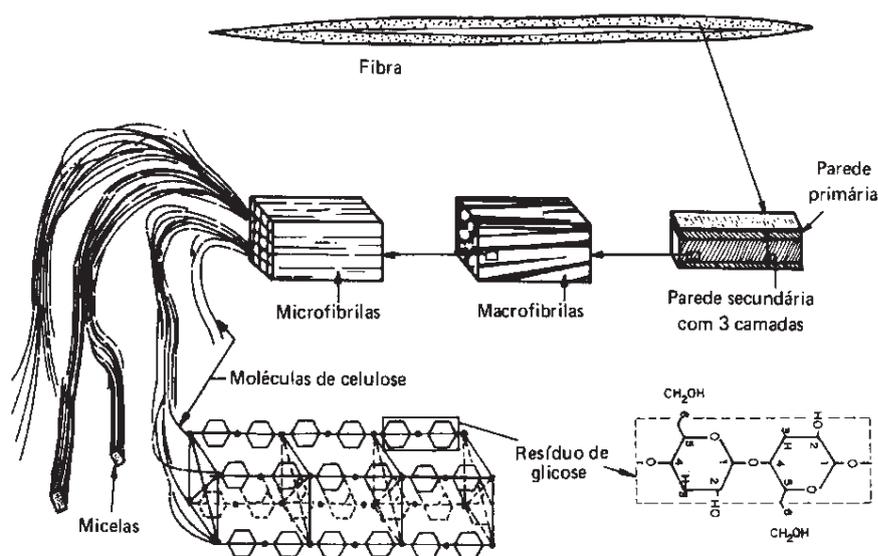


Figura 7 - Representação da celulose na parede das fibras. Fonte: (SIAU, 1984).

Com a agregação dos grupos de celulose propiciadas pelas ligações de hidrogênio, a densidade dessas estruturas aumenta, então, são geradas regiões inflexíveis cristalinas perfazendo cerca de 65% da composição celulósica. A região remanescente e com menor densidade de monômeros β -D-Glicose configura a parte amorfa (ROWELL et al., 2005).

2.3.2 Hemicelulose

As hemiceluloses compreendem um grupo diversificado de polissacarídeos, constituindo cerca de um terço da biomassa da parede celular (PAULY et al., 2013). Possuem íntima ligação com a celulose e frequentemente são constituídas de açúcares e ácidos em proporções variadas, estando presente quantitativamente em teor de 27% para madeiras de coníferas e 30% para folhosas. Os principais componentes monoméricos das hemiceluloses são: xilose, manose, glicose, arabinose, galactose, ácido galactourônico, ácido glucourônico e ácido metilglucourônico (KLOCK; ANDRADE, 2013). A figura 8 apresenta alguns dos açúcares componentes das hemiceluloses.

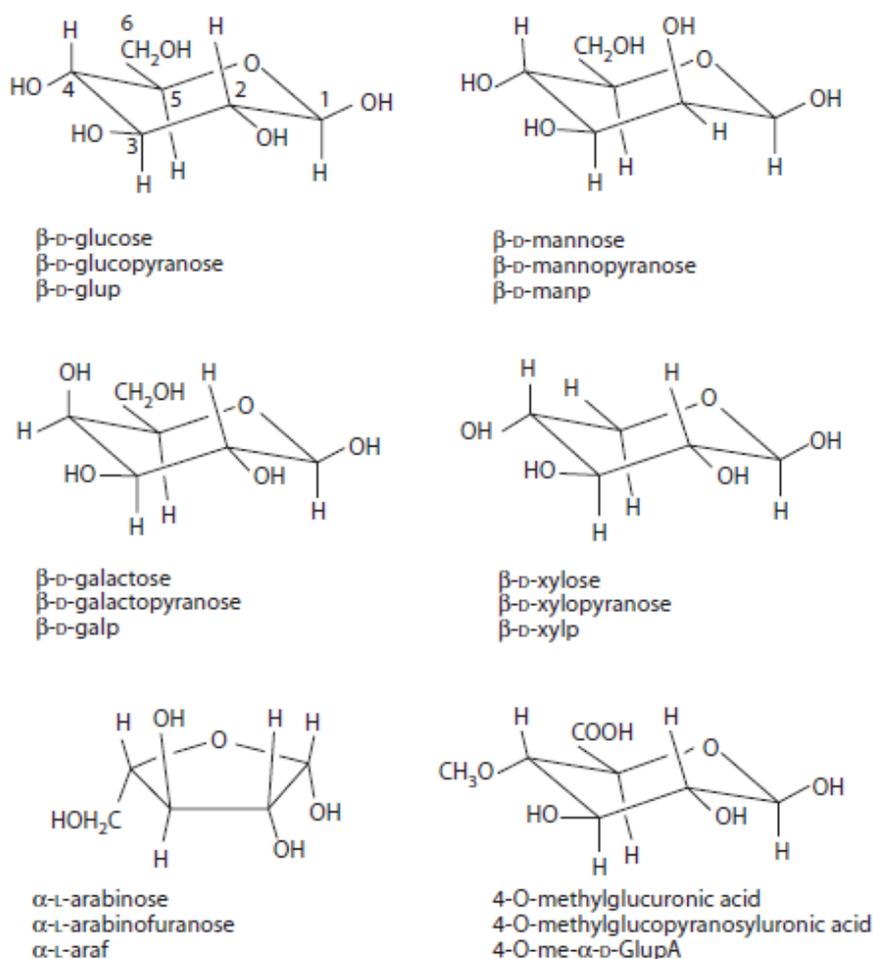


Figura 8 - Componentes monoméricos das hemiceluloses presentes na madeira. Fonte (ROWELL et al., 2005).

Tendo isso em vista as hemiceluloses se diferenciam da celulose por apresentarem polioses diferentes em sua formação e cadeias moleculares muito mais curtas (SANTOS et al., 2001; KLOCK; ANDRADE, 2013).

2.3.3 Holocelulose

Holocelulose compreende a fração insolúvel dos carboidratos presentes na madeira, sendo composta pela celulose e hemicelulose (GAO et al., 2022). A holocelulose é obtida via deslignificação branda dos substratos presentes na madeira de modo que a celulose e hemicelulose continuem com seus teores altos e suas estruturas estejam preservadas (YANG; BERGLUND, 2021). A figura 9 exibe a tora de madeira e os componentes internos em diferentes escalas.

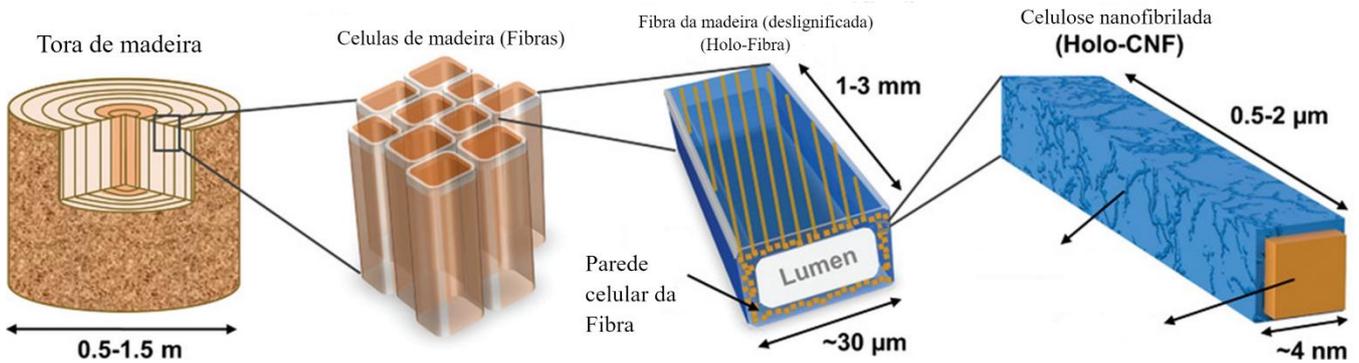


Figura 9 - Esboço da tora de madeira, fibras e nanofibrila de celulose (CNF) em diferentes escalas. Fonte: modificado (YANG; BERGLUND, 2021).

2.3.4 Lignina

A lignina é uma substância fenólica de estrutura tridimensional, com uma matriz irregular com várias ligações hidroxílicas e metoxílicas. Seus precursores biossintéticos são o álcool p-cumarílico presente como precursor menor em madeiras de coníferas e folhosas, álcool coniferílico que é o precursor dominante em madeiras de coníferas e o álcool sinapílico que em conjunto com o coniferílico perfaz as madeiras de folhosas (PETTERSEN, 1984). A Figura 10 demonstra os tipos fenólicos precursores da lignina com os respectivos substituintes metoxil.

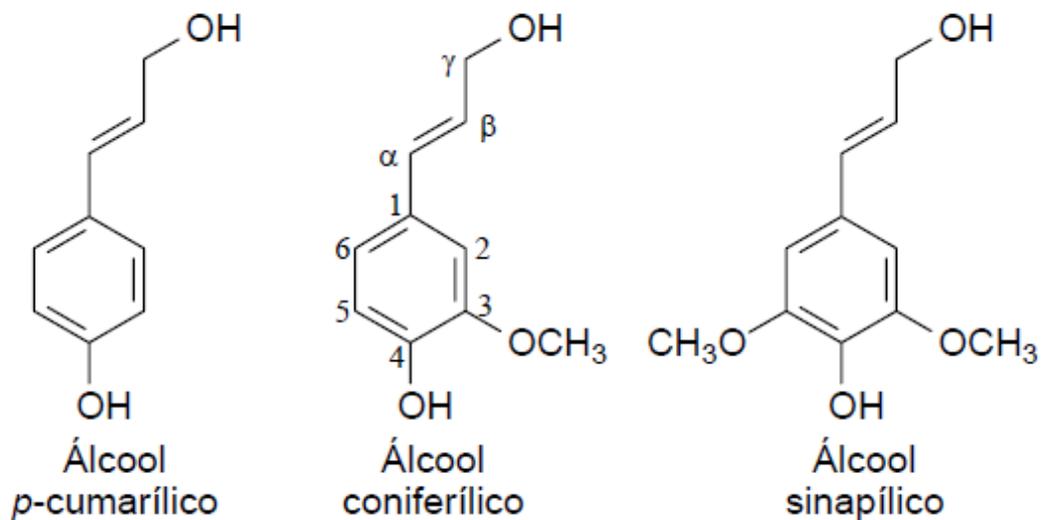


Figura 10 - Precursores iniciais da lignina. Fonte: (SILVA, 2006).

Além de assumir papel importante na estrutura da parede celular, a lignina constitui entre 15 a 35% do peso seco da madeira (ABREU et al., 2003). Sua biossíntese contribui intensamente para o crescimento das plantas, resistência a respostas de estresses bióticos e abióticos e o desenvolvimento de tecidos e órgãos dos vegetais (LIU; LUO; ZHENG, 2018).

Na parede celular a lignina forma uma barreira para enzimas ou soluções, impermeabilizando a penetração de substâncias no complexo lignocelulose da madeira, formando uma estrutura extremamente resistente que somente alguns organismos possuem capacidade de biodegradar (FEOFILOVA; MYSYAKINA, 2016).

2.3.5 Extrativos

Os extrativos são compostos presentes no lenho que são extraíveis submetendo a madeira moída ao tratamento com solventes orgânicos, água, destilação por arraste de vapor ou quando certos tipos de madeiras sofrem injúrias e os liberam como exsudatos. Em comparação aos outros polímeros presentes na parede celular, a concentração de extrativos na madeira é relativamente baixa, perfazendo geralmente cerca de 5 - 10% do teor da massa seca em madeiras localizadas nas zonas temperadas, no entanto, nas zonas tropicais esses valores podem ser encontrados em proporções mais elevadas (UMEZAWA, 2000).

De maneira geral os extrativos são responsáveis por algumas propriedades organolépticas da madeira, tais quais: cor, sabor, cheiro. Além disso suas funções nos organismos vegetais são diversas, sendo muitas vezes associados a proteção contra organismos fitopatogênicos e ou atuando no metabolismo específico de células parenquimáticas (PETTERSEN, 1984; KLOCK; ANDRADE, 2013).

Suas possibilidades de uso e aplicações são muito amplas, tendo potencial para substituir de forma alternativa a utilização de produtos químicos nos acabamentos para superfície de móveis e na medicina farmacêutica, combatendo processos inflamatórios, bem como na elaboração de produtos destinados a proteção dos danos causados pela radiação solar na pele (ANDRADE, 2015; NEVES, 2019).

Esses componentes não pertencentes a parede celular, englobam diferentes classes de compostos que podem ser classificados como substâncias alifáticas, terpenos e terpenóides, compostos fenólicos, entre outros. As substâncias alifáticas, frequentemente estão presentes na madeira com função de material de reserva, já os terpenos atuam na madeira como materiais de proteção e os terpenóides na linha de hormônios vegetais, os compostos fenólicos também atuam na proteção da madeira e são encontrados como taninos, flavonóides, lignanas, estilbenos etc (GOMES, 2019).

As diferentes classes de compostos da madeira fornecem subprodutos valiosos, os extrativos alifáticos são passíveis de fornecer as suberinas, ceras e tall oil, que são a matéria-prima e estão presentes em diversos produtos da indústria oleoquímica, assim como, o ácido abiético, α -pineno e o β -pineno, que são compostos terpênicos utilizados na confecção de subprodutos notáveis, também inseridos em nível de produção industrial (BLOCK; BARRERA-ARELLANO, 2013; GOMES, 2019). A figura 11 aponta alguns dos diferentes compostos extraíveis da madeira.

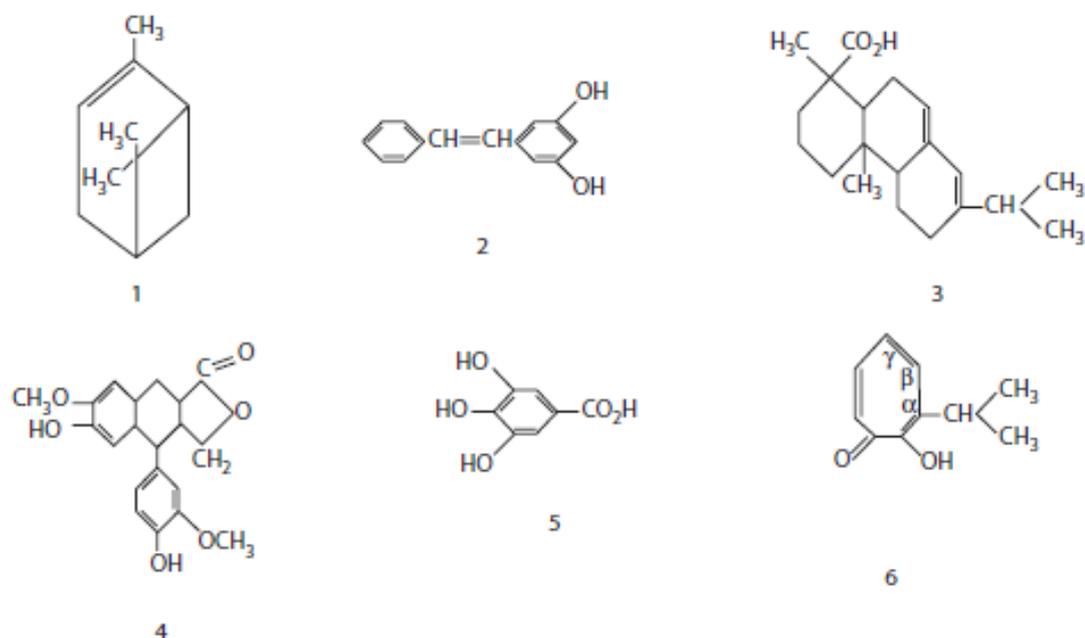


Figura 11 - A estrutura química de determinados extrativos presentes na madeira. (1) ácido abiético; (2) α -pineno; (3) pinosilvina; (4) pinoresinol; (5) ácido gálico e (6) α -, β -, e γ -tujaplicina. Fonte: (ROWELL et al., 2005).

2.3.5.1 Taninos

Os taninos fazem parte dos compostos fenólicos, apresentam solubilidade em água e a aptidão para formação de complexos insolúveis com proteínas, alcalóides e gelatinas (SIMÕES et al., 2007).

A estrutura química dos taninos pode ser classificada em dois grupos: condensados e hidrolisáveis. Os taninos condensados, também denominados protoantocianidinas, são produtos da via metabólica do fenilpropanol e podem ser polímeros do tipo flavan 3,4-diol e/ou flavan-3-ol (SALUNKHE; CHAVAN; KADAM, 1989). A figura 12 a seguir esboça a estrutura química de exemplos de taninos condensados e a figura 13 demonstra a conformação espacial das moléculas de taninos hidrolisáveis

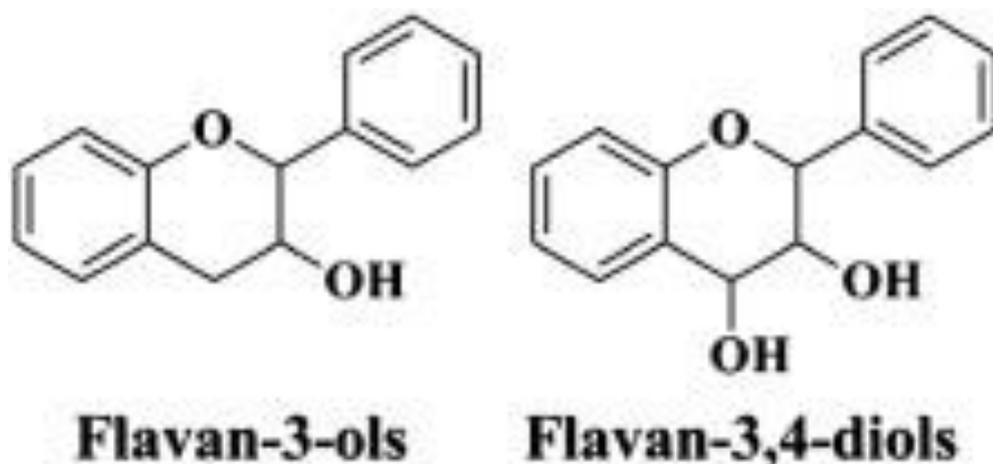


Figura 12 - Estrutura química do flavan-3-ol e flavan 3,4-diol. Fonte: (GARRIDO; BORGES, 2013).

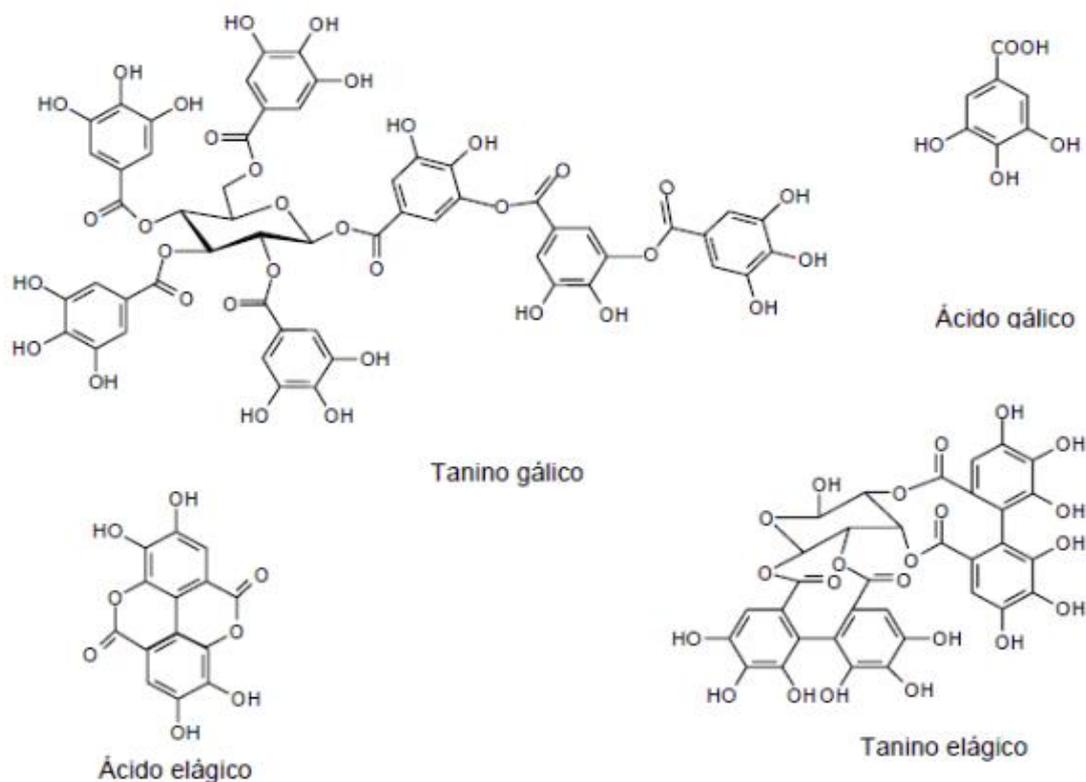


Figura 13 - Estrutura química dos taninos hidrolisáveis. Fonte: (LIMA JÚNIOR et al., 2010).

Os taninos hidrolisáveis são representados por ésteres de ácidos elágicos e gálicos com açúcares na via do ácido chiquímico e de maneira comum, os taninos gálicos são menos frequentes que os elágicos (BRUNETON, 1991; BUCHANAN; GRUISSEM; JONES, 2015).

2.3.5.2 Flavonóides

Essas substâncias se originam da via metabólica dos fenilpropanóides (SIMÕES et al., 2007). Basicamente sua estrutura química principal consiste em três anéis fenólicos, onde a configuração do arranjo das ligações nos anéis aromáticos, possuem a capacidade de gerar outras novas estruturas (AHERNE; O'BRIEN, 2002). A figura 14 apresenta a fórmula estrutural característica de alguns flavonóides.

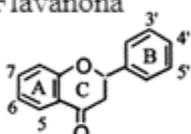
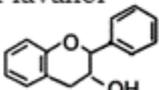
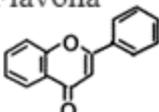
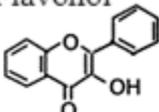
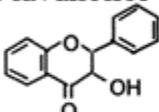
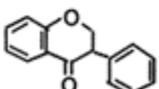
Fórmula Estrutural	Flavonóides Representados	Substituições					
		5	6	7	3'	4'	5'
<p>Flavanona</p> 	Eriodictiol Hesperetina Naringenina	OH	H	OH	OH	OH	H
<p>Flavanol</p> 	Catequina Galocatequina	OH	H	OH	OH	OH	H
<p>Flavona</p> 	Apigenina Crisina Luteolina	OH	H	OH	H	OH	H
<p>Flavonol</p> 	Kaempferol Miricetina Quercetina	OH	H	OH	H	OH	H
<p>Flavanonol</p> 	Taxifolina	OH	H	OH	OH	OH	H
<p>Isoflavona</p> 	Daidzeína Genisteína Gliciteína formononetina	H	H	OH	H	OH	H
		OH	H	OH	H	OH	H
		OH	OMe	OH	H	OH	H
		H	H	OH	H	OMe	H

Figura 14 - Estruturas químicas de alguns flavonóides vegetais. Fonte: modificado (BIRT; HENDRICH; WANG, 2001).

Este grupo de compostos têm uma grande importância em virtude de suas ações terapêuticas, incluindo o tratamento dos efeitos da menopausa, ações antimicrobianas, antiviral, antiinflamatória, antiplaquetária, hipolipidêmica e anti-hipertensiva (MACHADO et al., 2008).

2.3.5.3 Leucoantocianidinas

Esse grupo químico faz parte dos polifenóis naturais oriundos dos flavonóides. Tem como característica principal uma forte ação antioxidante hidrossolúvel devido a capacidade de sua estrutura eliminar amplamente radicais livres (BEIDOKHTI; JÄGER, 2017; LEE et al., 2017). A figura 15, a seguir ilustra a leucoponidina, um exemplo de molécula de leucoantocianidina.

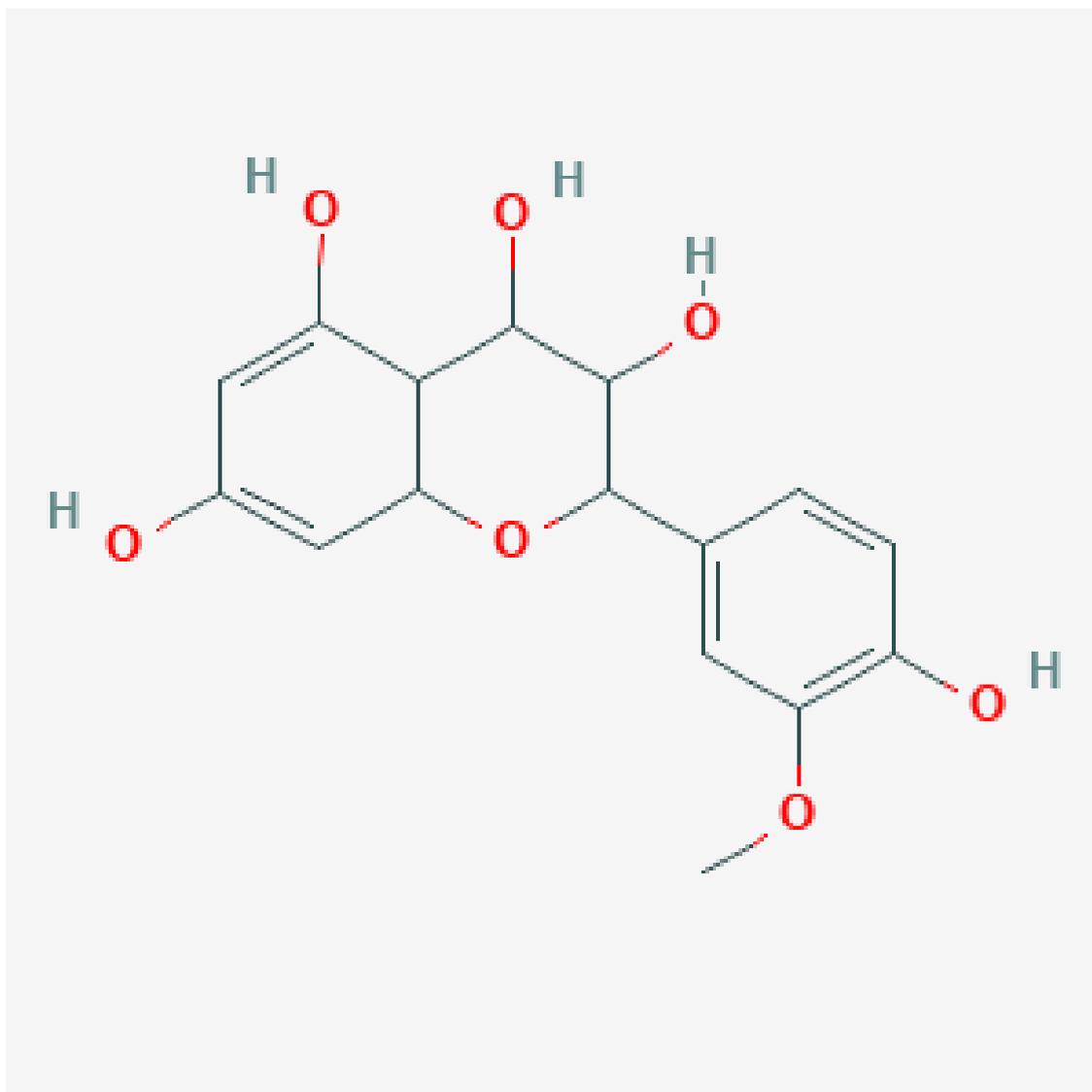


Figura 15 - Estrutura química da leucopaeonidina. Fonte: (PUBCHEM, 2012)

2.3.5.4 Terpenos

Os terpenóides compreendem um grande espectro de compostos naturais dos vegetais que inicialmente foram isolados da terebentina; sua formação se dá pela agregação sucessiva de isoprenos, que dão origem a todas as classes de terpenos como os: monoterpenos, sesquiterpenos, diterpenos, triterpenos e os tetraterpenos (VIZZOTTO; KROLOW; WEBER, 2010). A Figura 16 engloba exemplos de compostos terpenóides de acordo com a sua classe.

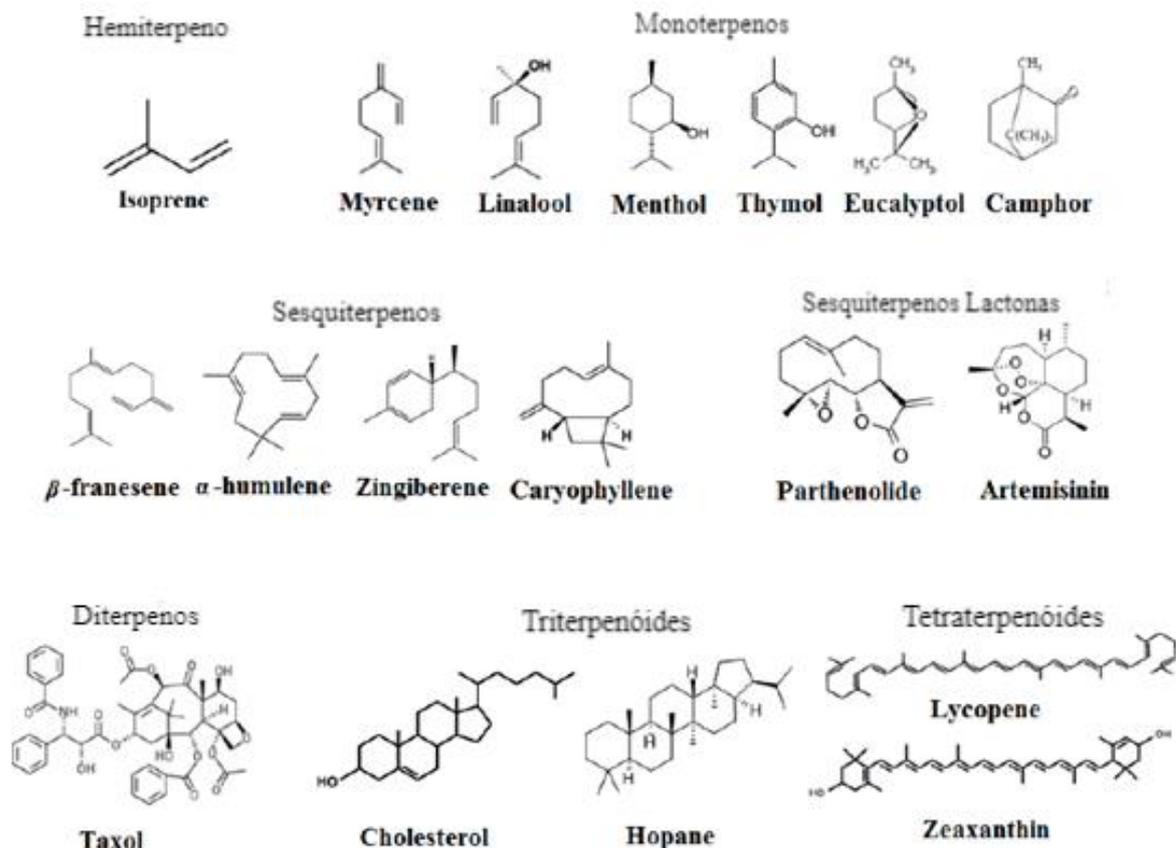


Figura 16 - Exemplos de diferentes classes de terpenóides. Fonte: modificado (ABDALLAH; QUAX, 2017).

Essa classe abundante de produtos naturais é altamente cobiçada na medicina, em virtude das propriedades terapêuticas, antimicrobianas, antiinflamatórias, fortificantes do sistema imunológico, quimioterápicas, além de serem também vastamente utilizadas nas indústrias de perfumaria e combustíveis (SILVA-SANTOS et al., 2004; ABDALLAH; QUAX, 2017; BISHT; BANKOTI; BHARTI, 2021).

2.3.5.5 Xantonas

As xantonas são classes químicas de heterociclos oxigenados de estrutura química formada por dois anéis benzênicos (A e B), em conjunto com uma γ -pirona na região central da molécula, podendo ser obtidas por meios sintéticos e naturais, este último a partir do isolamento de plantas, principalmente as de caráter medicinal (CORRÊA, 2009). A Figura 17 compartilha um exemplo de xantona.

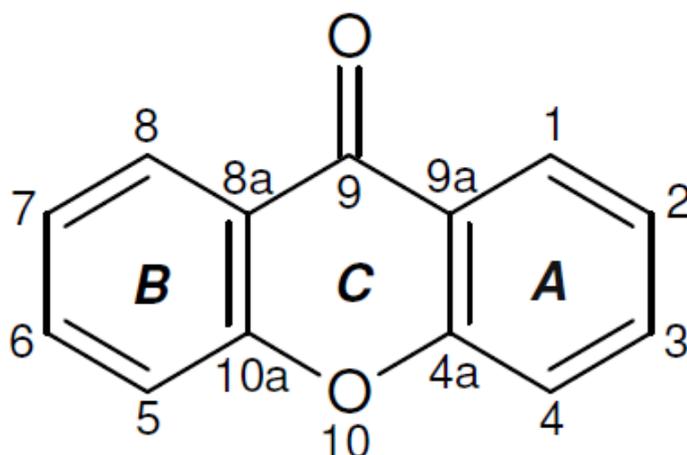


Figura 17 - Esquema representando a estrutura do núcleo xantônico numerado. Fonte: (CORRÊA, 2009).

Essa classe de composto tem uma grande e potencial importância farmacológica evidenciada pela interessante atividade de ação inibitória potente de enzimas relacionadas com o tratamento de estados depressivos (GNERRE et al., 2001).

2.3.5.6 Saponinas

As saponinas se apresentam como moléculas em que uma unidade aglicona encontra-se ligada a uma ou mais cadeias de carboidratos. Essa aglicona ou sapogenina compreende um esterol ou uma unidade mais comum de triterpenóides, que de maneira geral contribui para a formação de naturezas tensoativas ou detergentes, já que a parte sapogênica da molécula é solúvel em lipídeos e o montante restante que constitui o carboidrato é solúvel em água (SAVAGE, 2003). A figura 18 esclarece a estrutura química de uma saponina.

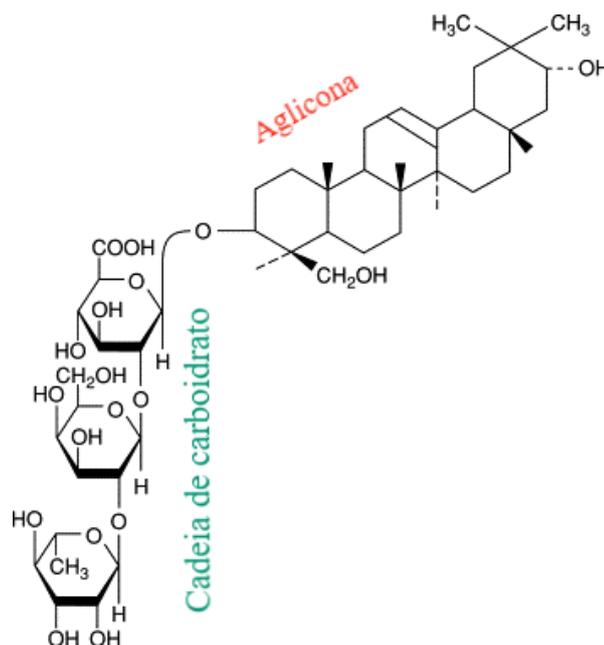


Figura 18 - Estrutura típica de uma saponina. Fonte: modificado (SAVAGE, 2003).

2.3.5.1 Alcalóides

De origem vegetal, os alcalóides formam um grupo de substâncias nitrogenadas de caráter básico e que possuem elevada relevância na farmacologia de animais. Esses compostos, frequentemente, são encontrados em sua forma combinada com ácidos orgânicos dentro dos vegetais e em menor presença na forma livre. Desta maneira eles são solúveis em solventes orgânicos tais como benzeno, éter, clorofórmio e são insolúveis em água; já em sua forma de sal a sua solubilidade é invertida (CARVALHO, 2022). A figura 19 expõe alguns compostos químicos alcalóides e suas organizações estruturais.

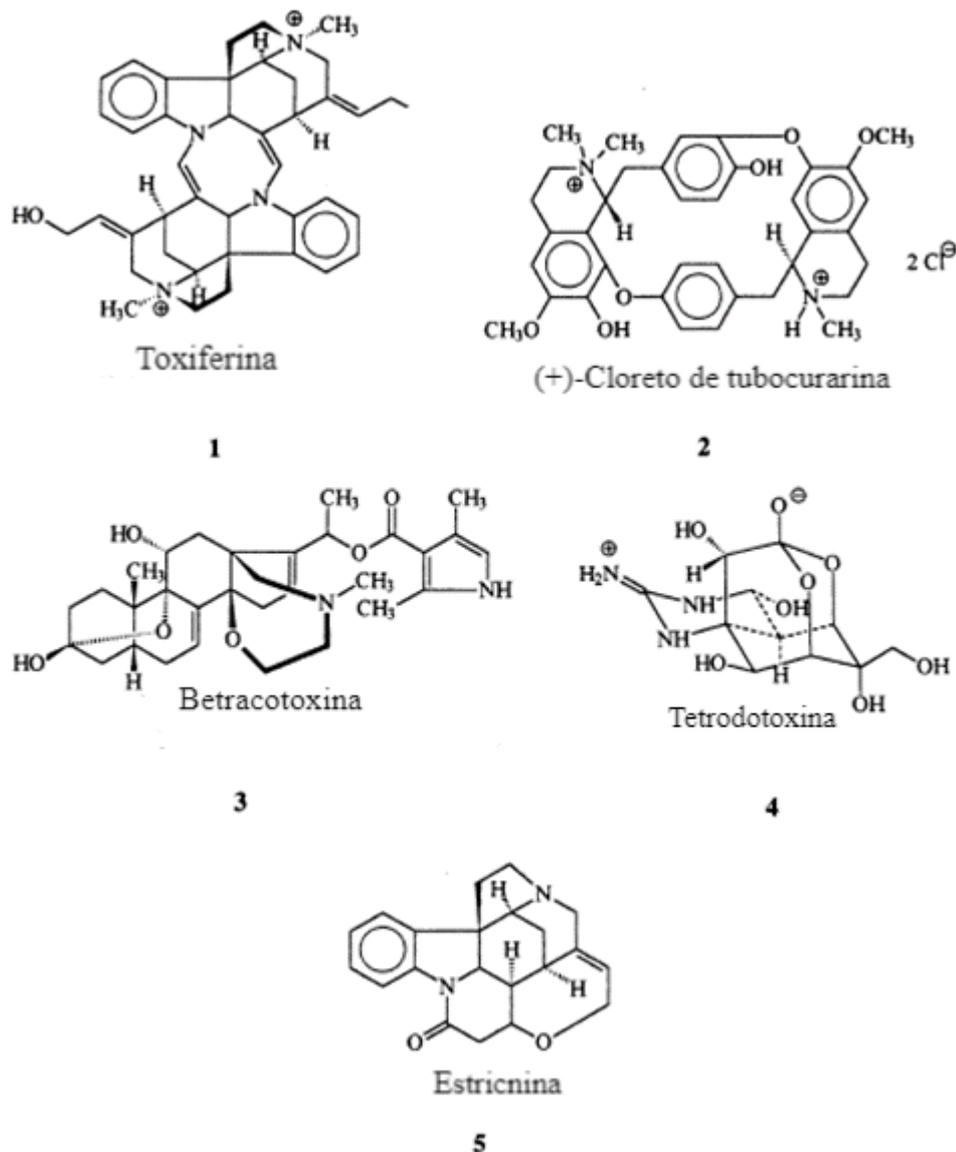


Figura 19 - Estrutura química de diferentes tipos de alcalóides. Fonte: modificado (WINK, 1998).

Uma grande gama de alcalóides apresenta compostos fisiologicamente ativos com propriedades tóxicas para animais, isto geralmente faz parte de um elaborado sistema de proteção das plantas, que o sequestram para seu mecanismo de defesa passiva, como forma de desestimular a herbivoria dos insetos (WINK, 1992).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material

A madeira utilizada no presente trabalho foi proveniente de espécies localizadas na Fazenda Milhã/Poço da Pedra no estado do Rio Grande do Norte (RN), Brasil. A propriedade rural é um empreendimento particular com área equivalente a 1.132,78ha (hectares) de mata nativa de Caatinga mantida com manejo florestal sustentável, que representa em torno de 60% da área total da propriedade. Suas coordenadas ficam a 5°35'47.3" S 35°51'59.6" W, na região Agreste, microrregião de Serra Verde/ RN. A figura 20 exhibe o mapa de localização da propriedade.

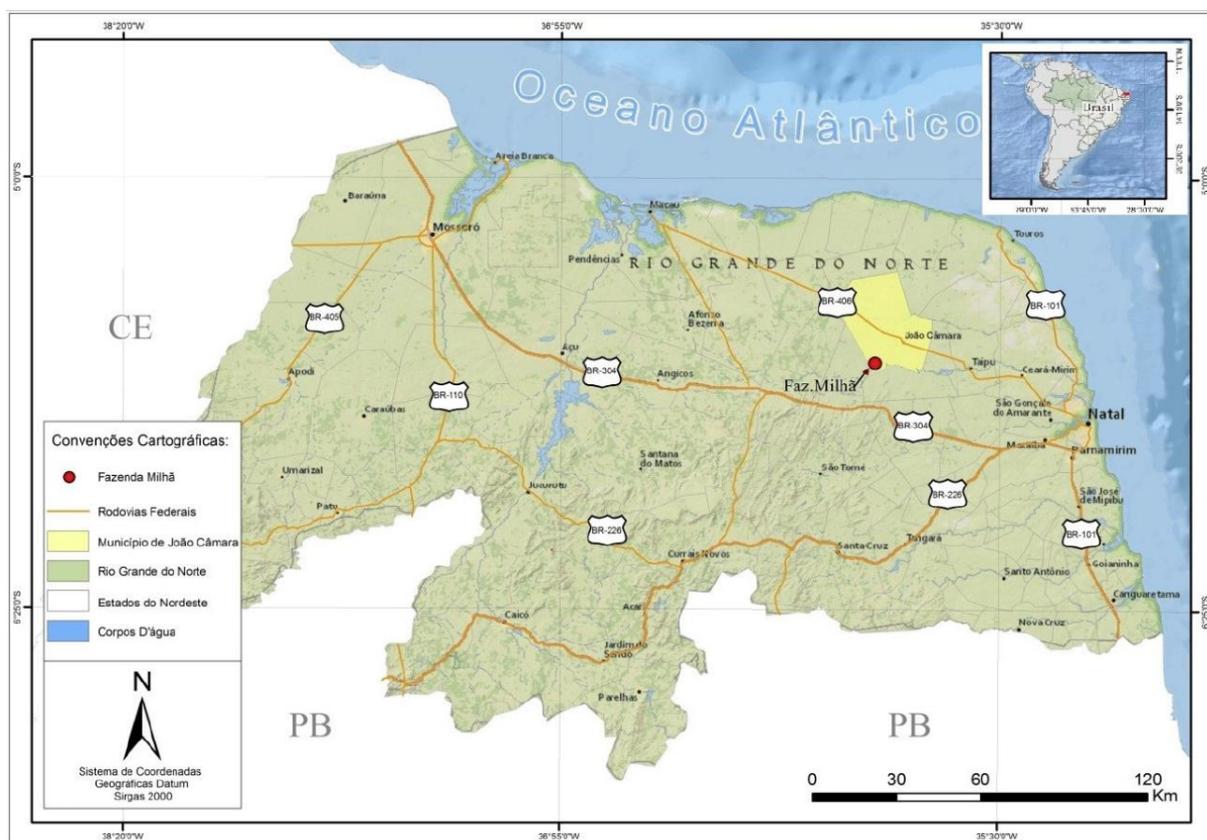


Figura 20 - Mapa de localização da Fazenda Milhã. Fonte: (CARVALHO et al., 2020).

As amostras foram obtidas do oitavo talhão. Cada talhão possui 10 parcelas demarcadas com georreferenciamento mapeado através de um GPS Garmin 62s. Todas as parcelas possuem 400 m² (20 x 20m) e são distribuídas inteiramente ao acaso nos talhões.

Foram coletadas no mês de dezembro de 2021 três árvores das espécies *Mimosa tenuiflora* e *Andira antheimia*. Essas espécies foram seccionadas em discos de madeira nas posições 0% (junto ao colo da árvore), 25%, 50%, 75% e 100% da altura comercial da árvore.

3.2 Análise da composição química

No mês de março de 2022 foi dado início aos procedimentos para análise química, onde todos os discos de madeira foram cavaqueados, excluindo as regiões defeituosas, e em seguida os cavacos sadios foram processados em moinho de facas tipo Willey. A fração que foi utilizada

para o preparo da madeira livre de extrativos foi referente a porção que atravessou a peneira de malha 40 mesh e que se manteve retida na peneira de 60 mesh como preconiza a norma TAPPI T204 cm-97 (1997).

Os procedimentos realizados para o preparo da madeira livre de extrativos seguiu a metodologia adaptada proposta por Abreu *et al* (2006). Foram adicionados 10g de madeira %AS homogeneizada em cartuchos de papel filtro e em seguida os mesmos cartuchos foram submetidos a três processos de extrações sucessivas com os solventes ciclo hexano, acetato de etila e metanol por 12 horas em aparelho soxhlet, utilizando-se 250 mL de solvente por cada extração. A figura 21 esquematiza o complexo de vidrarias que formam o soxhlet.

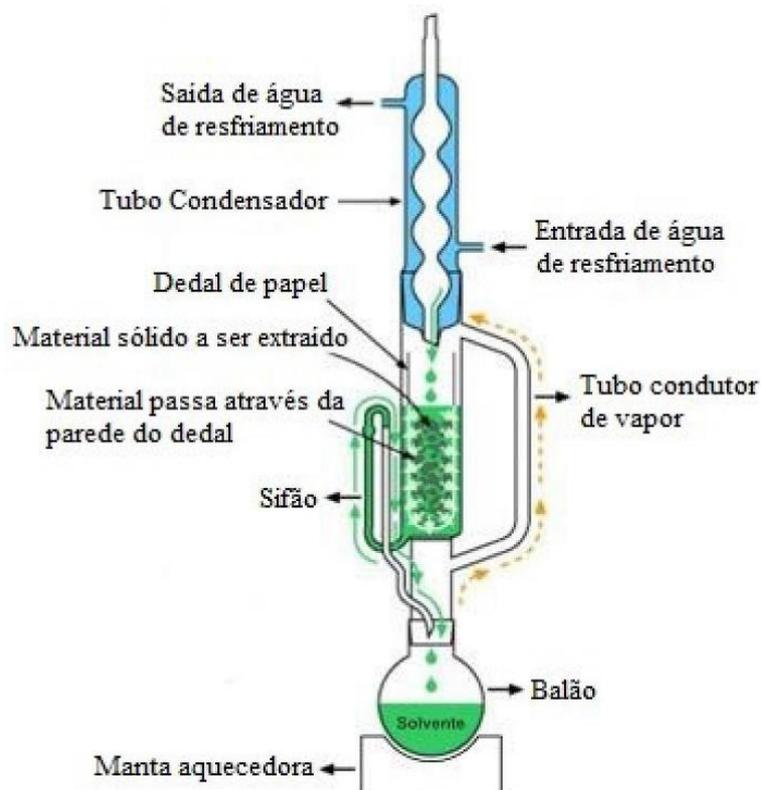


Figura 21 - Equipamento Soxhlet convencional. Fonte: (COSTA et al., 2017a).

A determinação dos teores de extrativos, holocelulose e lignina foram executados utilizando o método adaptado indicado por Abreu *et al* (2006), e todos os processos foram realizados em forma de duplicata.

3.2.1 Teor de extrativos

Na quantificação do teor de extrativo parcial, os solventes contendo o extrativo foram separados sob pressão reduzida em um aparelho de evaporação rotativo de tal forma a sobrar apenas uma solução concentrada do extrativo. A figura 22 apresenta o esquema completo do dispositivo usado na evaporação parcial do solvente.



Figura 22 - Componentes do dispositivo rotativo de evaporação. Fonte: modificado (SPLABOR, 2021).

Essa solução contendo o extrativo concentrado foi acomodada em um recipiente de vidro que posteriormente foi colocado na capela para a evaporação total do solvente. O percentual do teor de extrativo parcial foi obtido por gravimetria, conforme exibe a equação 1.

$$TEp = \left(\frac{MFc - MFs}{MM} \right) \times 100$$

Equação 1. Onde:

Tep = teor de extrativo parcial (%)

MFc = massa do frasco com extrativo (g)

MFs = massa do frasco sem extrativo (g)

MM = massa de madeira no cartucho antes do processo de extração (g).

Efetuada o somatório dos teores de extrativos parciais, tem-se os extrativos totais como mostra a equação 2.

$$TEt = TEch + TEae + TEmet$$

Equação 2. Em que:

Tet = teor de extrativo total (%)

Tech = teor de extrativo obtido por ciclo hexano

Teae = teor de extrativo obtido por acetato de etila

Temet = teor de extrativo obtido por metanol

3.2.2 Teor de holocelulose

O teor de holocelulose foi obtido através do método da cloração, onde foram pesados 2,5g de madeira livre de extrativos absolutamente seca e colocada em um Erlenmeyer de 250 mL. Nesta mesma vidraria foram adicionados 0,5 mL de ácido acético, 1 g de clorito de sódio e 80 mL de água destilada. A solução foi misturada com auxílio de bastão de vidro e coberta com vidro de relógio. O Erlenmeyer com a solução foi levado para o banho-maria, regulado em 70°C.

Após o período de uma hora, foram adicionados à solução mais 0,5 mL de ácido acético e 1 g de clorito de sódio, sendo novamente homogeneizada. Após o decorrer de mais uma hora,

repetiu-se a adição dos mesmos reagentes nas mesmas proporções, sempre misturando para total dissolução. Este processo foi repetido por 6 vezes.

Após essa etapa, o banho-maria foi desligado e a solução, que adquiriu cor verde fluorescente, passou por uma filtração à vácuo. Para isso, foram utilizados um kitassato e um funil de placa sinterizada, além de uma bomba de vácuo. Com o fim da filtração a bomba foi desligada e o funil com o material retido foi levado para estufa regulada a $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, por 24 horas.

Decorrido o tempo, o funil contendo o produto foi retirado da estufa e novamente pesado, encontrando-se seu peso final. A obtenção do teor de holocelulose foi feita com a equação 3.

$$Th = \left(\frac{Mch - Mcv}{MMle} \right) \times 100$$

Equação 3. Onde:

Th = teor de holocelulose (%)

Mch = massa do cadinho com holocelulose (g)

Mcv = massa do cadinho vazio (g)

Mmle = massa de madeira livre de extrativos (g)

3.2.3 Teor de lignina

O método de Klason foi utilizado para a quantificação do teor de lignina insolúvel. Transferiu-se 0,3g de madeira livre de extrativos em um tubo de ensaio e adicionou-se 3mL de ácido sulfúrico a 72%, então, a mistura foi agitada por 1 minuto, com bastão de vidro e colocada em repouso por 60 minutos.

Depois, a solução foi transferida para o balão de fundo redondo e foi adicionado 84mL de água destilada. Então, o balão foi colocado no Sistema de Refluxo, onde ficou por 24 horas, sob aquecimento controlado da manta aquecedora.

Após esse tempo, a solução foi filtrada à vácuo. Adicionando 500mL de água destilada quente para limpar o excesso de ácido e retirar todo resíduo possível, sobrando somente a lignina sobre o funil. Então, o funil contendo lignina insolúvel foi retirado e levado para estufa a $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ por 24 horas. Ao final do processo o teor de lignina insolúvel foi obtido pela equação 4.

$$TLi = \left(\frac{McLi - Mcv}{MMle} \right) \times 100$$

Equação 4. Em que:

TLi = teor de lignina insolúvel (%)

McLi = massa do cadinho com lignina insolúvel (g)

Mcv = massa do cadinho vazio (g)

Mmle = massa de madeira livre de extrativos (g)

3.2.4 Testes para o extrato hidrofílico

A abordagem fitoquímica das espécies para a detecção dos grupos dos extrativos a partir do extrato hidrofílico da madeira foram efetuados de acordo com a proposta por Matos (2009), e todos os testes foram realizados em forma de duplicata.

A solução do extrato hidrofílico foi preparada a partir do extrativo obtido via extração com solvente metanol absolutamente seco em capela. Transferiu-se uma certa quantidade do extrativo seco no recipiente de vidro para um balão de 25 mL e foi colocado solvente metanol no balão até o menisco. Essa solução hermeticamente fechada foi transferida para uma placa aquecedora para diluição dos fragmentos de extrativo, sendo depositada ao final do processo de diluição em um Becker.

3.2.4.1 Teste para fenóis e taninos

Foram adicionados em um tubo de ensaio 2 mL da solução preparada a partir do extrato hidrofílico, 2 mL de água destilada e 3 gotas de FeCl₃ (Cloreto de ferro), onde foi observada a reação cujo surgimento de precipitados vermelho indicam a presença de fenóis, precipitado azul indica taninos pirogálicos, e verde, taninos condensados.

3.2.4.2 Teste para antocianinas, antocianidinas e flavonóides

Colocou-se 2 mL da solução preparada a partir do extrato metanólico em 3 tubos de ensaio, onde condicionou-se um deles a pH 3, outro a pH 8,5 e o terceiro a pH 11. O resultado observado após a adição foi o aparecimento de cores como fixado na Tabela 1.

Tabela 1 – Cores das reações do extrato hidrofílico para identificação de antocianinas, antocianidinas, flavonas, flavonóis, xantonas, chalconas, auronas e flavanonóis

Constituintes	pH 3	pH 8,5	pH 11
Antocianinas e Antocianidinas	Vermelho	Lilás	Azul Púrpura
Flavonas, Flavonóis e Xantonas	-	-	Amarelo
Chalconas e Auronas	Vermelho	-	Vermelho Púrpura
Flavanonóis	-	-	Vermelho Laranja

3.2.4.3 Teste para leucoantocianidinas, catequinas e flavonas

A solução preparada do extrato hidrofílico foi depositada em dois tubos de ensaio, em seguida foram inseridos em um dos tubos HCl (ácido clorídrico) para obter pH 1-3, e no outro NaOH (hidróxido de sódio) para obter pH 11. Após esses procedimentos os tubos de ensaio foram aquecidos em banho-maria e investigou-se o aparecimento de cores, como sugere a Tabela 2.

Tabela 2 – Cores das reações do extrato hidrofílico para identificação de leucoantocianidinas, catequinas e flavonas

Constituintes	pH 3	pH 11
Leucoantocianidinas	Vermelho	-
Catequinas	Pardo - amarelado	-
Flavonas	-	Vermelho – laranja

3.2.4.4 Teste para flavonóis, flavanonas e xantonas

Foram inseridos em um tubo de ensaio 2 mL da solução preparada do extrato hidrofílico, posteriormente pequenas fitas de magnésio foram depositadas no tubo de ensaio e 0,5 mL de HCl concentrado. O surgimento de coloração avermelhada confirma a presença dessas substâncias.

3.2.4.5 Teste para esteróides e triterpenóides

Primeiramente 2 mL da solução preparada do extrato foi depositada em um funil contendo papel filtro, logo adiante, foram adicionados ao funil cerca de 50 mL de clorofórmio, 1 mL de anidrido acético e três gotas de H₂SO₄ concentrado. O resultado do teste pode ser constatado de duas maneiras, cor azul seguida de verde (esteróides livres) e a cor parda até vermelha (triterpenóides pentacíclicos livres).

3.2.4.6 Teste para saponinas

O tubo de ensaio foi preenchido com 2 mL da solução preparada do extrato e depois foi agitado vigorosamente por um período de dois minutos. O teste é confirmado positivamente quando há o aparecimento de espuma persistente.

3.2.4.7 Determinação de Alcalóides

Na alíquota de 2 mL da solução preparada a partir do extrato adicionou-se NH₄OH (hidróxido de amônio) concentrado a fim de atingir o pH 11. Essa solução foi enviada para o interior de um funil de separação e em seguida houve a adição de 5, 3 e 2 mL de éter-clorofórmio nessa ordem, onde a cada adição a mistura foi agitada com um bastão de vidro e a fase aquosa era removida para um Erlenmeyer. A fase orgânica retida no funil de separação após as adições recebeu 10 mL de HCl 0,1 N e a solução aquosa ácida resultante foi dividida em dois tubos de ensaio. Um tubo recebeu 3 gotas de reagente Dragendorff e o outro 3 gotas do reagente Mayer. Esse teste é confirmado com a formação de precipitado floculoso.

3.2.4.8 Determinação de Resinas

Uma certa quantidade de extrativo obtido via extração com metanol absolutamente seco foi depositada em um balão de 10 mL preenchendo em seguida até o menisco pela adição de etanol. Essa solução destampada foi encaminhada ao aquecimento pela placa aquecedora até completa diluição dos fragmentos de solvente.

No segundo momento pegou-se 3 mL desta solução transferindo-a ao tubo de ensaio, ao qual se adicionou 2 mL de água destilada. O processo seguinte foi de agitação vigorosa do tubo de ensaio por aproximadamente dois minutos, esse teste indica positivo quando há aglomeração de precipitado floculoso após a agitação.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização química quantitativa de *Mimosa Tenuiflora*

Ao realizar a caracterização química quantitativa da madeira de *Mimosa tenuiflora*, foi constatado em relação aos valores médios de extrativos (9.38%), holocelulose (67.45%) e lignina (22.22%) respectivamente (Figura 23).

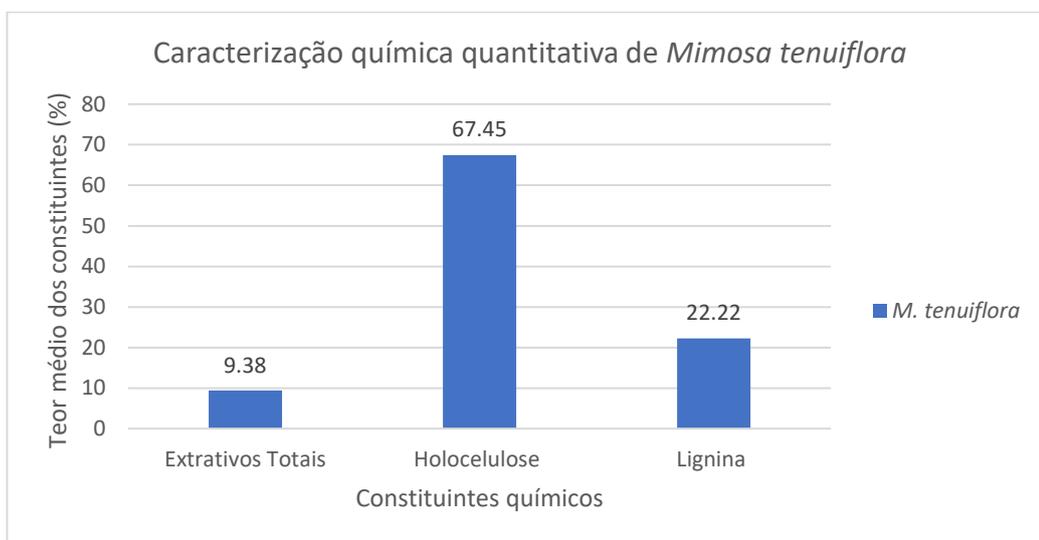


Figura 23 - Médias dos componentes químicos quantitativos em *Mimosa tenuiflora*.

Fonte: Autor 2022.

A composição química da madeira é decisiva para os usos finais deste material. Propriedades tecnológicas da madeira como durabilidade biológica, potencial energético, usinabilidade, cor, absorção de umidade e resistência mecânica estão relacionadas à qualidade e proporção dos componentes estruturais da madeira (BRAZ et al., 2014).

Em relação aos teores de extrativos totais solúveis nos três tipos de solventes (ciclo hexano, acetato de etila e metanol) pode-se constatar um teor médio percentual de 9.38%. Esse resultado aproxima-se dos valores percentuais obtidos por Nogueira (2020), que descreveu a caracterização química dos extrativos em água quente e acetona da *Mimosa tenuiflora* em seu estudo e identificou médias percentuais para extrativos totais ao longo de cinco diferentes alturas variando de 9.15 a 13,94%.

Para holocelulose, o teor médio ficou em 67.45% para *Mimosa tenuiflora*. Esse valor obtido encontra-se próximo aos descritos por Oliveira (2003), que encontrou teores de holocelulose variando de 55.59 a 63.70% para os indivíduos de *Mimosa tenuiflora*. Os carboidratos presentes na madeira, principalmente a celulose, são direcionados para o uso como matéria-prima em diversos setores tradicionais de produção de polpa solúvel ou para dissolução a fim de obter os derivados da celulose; são desejáveis na fabricação de papel refinado, uma vez que, melhoram as propriedades que dependem das ligações de resistência intrínseca da fibra e estão também nos setores de nanotecnologia de celulose nanofibrilada (CNF) e celulose nanocristalina (CNC) (GOMES, 2019).

O valor médio do teor de lignina insolúvel ficou em 22.22% para a árvore de *Mimosa tenuiflora*, onde a espécie evidenciou um teor quantitativo em concordância com a literatura especializada para este que constituinte que perfaz entre 16 a 24% para madeiras de folhosas (KLOCK; ANDRADE, 2013).

Braz *et al* (2014), comenta que as árvores com elevados teores de lignina apresentam maior rigidez e resistência em suas estruturas, que são mais capazes de resistir a tensões mecânicas, sendo indicadas nos programas de melhoramento.

Estudando a madeira de *Mimosa tenuiflora*, Silva *et al* (2011), apontou a possibilidade de utilização da espécie desde a fase de lenho juvenil para a produção de álcool combustível e carvão vegetal em virtude dos teores elevados de celulose e lignina. A lignina é o composto mais importante na produção de carvão vegetal, pois o rendimento em peso do processo de carbonização e sua massa estão diretamente relacionados com a quantidade de lignina presente na madeira, pois é um polímero com estrutura química aromática e alta massa molar que lhe confere uma resistência maior ao calor do que a celulose e hemicelulose (SJÖSTRÖM, 1993; ROWELL *et al.*, 2005).

4.2 Caracterização química quantitativa de *Andira anthelmia*

Ao realizar a caracterização química quantitativa da madeira de *Andira anthelmia*, foi constatado em relação aos valores médios de extrativos (3.21%), holocelulose (63.11%) e lignina (20.89%) respectivamente (Figura 24).

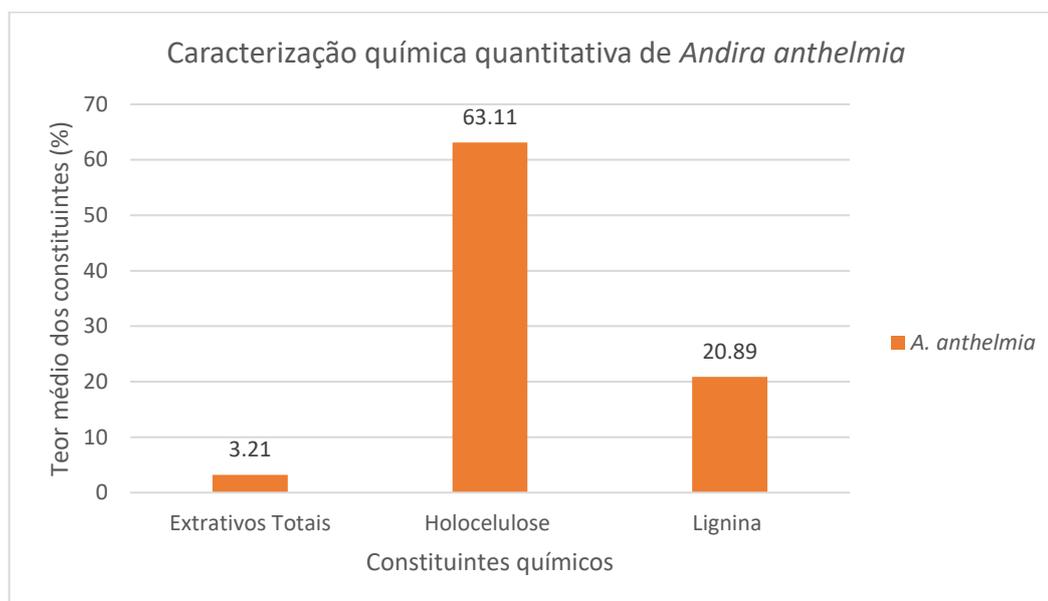


Figura 24 - Médias dos componentes químicos quantitativos em *Andira anthelmia*.

Fonte: Autor (2022)

A análise dos teores de extrativos totais solúveis nos três tipos de solventes (ciclo hexano, acetato de etila e metanol) constatou um teor médio percentual de 3.21%. De acordo com Gomes (2019), os componentes extraíveis pertencentes a madeira de folhosas estão presentes em teores percentuais de 1-4%, indicando que os teores encontrados na espécie de *Andira anthelmia* se enquadra nesta descrição. Esses compostos derivados do metabolismo secundário fornecem diversos subprodutos valiosos como as ceras, tall oil produzido durante o processo de polpação kraft, terpenos e taninos (MORAIS; NASCIMENTO; MELO, 2005; AZEVÊDO *et al.*, 2015; ARO; FATEHI, 2017).

O teor médio de holocelulose apresentou-se em 63.11% para *Andira anthelmia*. A maior parte dos polímeros da madeira são formados por carboidratos, estes são constantemente estudados para o desenvolvimento de novos produtos, como sua utilização potencial na

confeção de filmes biocompósitos não tóxicos a partir de metilcelulose e celulose nanocristalina (BIRKBECK et al., 2022).

A lignina insolúvel exibiu um valor percentual de 20.89% para a árvore de *Andira anthelmia*. Segundo Foelkel (2016), a composição da lignina na biomassa lignocelulósica em madeiras de folhosas consiste de 10 a 26%, significando que os teores investigados desse constituinte estão em concordância com os padrões esperados. A lignina tem sido empregada em produções de resinas fenólicas, alimentação animal, uso como dispersantes, aditivos em concreto, produtos cerâmicos, pesticidas e em pesquisas como precursor para a produção de fibras de carbono (KHARADE; KALE, 1999; LE DIGABEL; AVÉROUS, 2006; VISHTAL; KRASLAWSKI, 2011; KOMURA, 2015)

4.3 Caracterização química qualitativa

4.3.1 Teste hidrofílico

A madeira de *Andira anthelmia* quando submetida aos testes realizados a partir do extrato hidrofílico apresentou resultados positivos para as seguintes classes de compostos: taninos condensáveis, leucoantocianidinas, flavanonas, flavonóis, flavanonas, flavanonóis, xantonas, triterpenóides e alcalóides (Tabela 3). Além dos compostos anteriores, a madeira de *Mimosa tenuiflora* apresentou resultado positivo nos testes para flavanonóis e saponinas (Tabela 3).

Tabela 3 – Classes das substâncias presentes nos testes realizados com o extrato hidrofílico de *Andira anthelmia* e *Mimosa tenuiflora*

Compostos	<i>Andira anthelmia</i>	<i>Mimosa tenuiflora</i>
Taninos	✓	✓
Flavanonóis	-	✓
Leucoantocianidinas	✓	✓
Flavanonas	✓	✓
Flavonóis, Flavanonas, Flavanonóis e Xantonas	✓	✓
Triterpenóides	✓	✓
Saponinas	-	✓
Alcalóides	✓	✓

Ambas as espécies estudadas testaram positivo para a presença de taninos condensados (Figura 25). Azêvedo *et al* (2017), avaliando os teores de taninos condensados na casca de *Mimosa tenuiflora* relatou o potencial da árvore para a produção de taninos vegetais. Esses compostos aromáticos são empregados na produção de solas e couros, bem como na combinação com diferentes tipos de curtimento, fabricação de polímeros, resinas, agentes flocculantes ou coagulantes para o tratamento de água e na confecção de bebidas, sendo responsáveis pelo sabor

adstringente de vinhos, chás, sucos de frutas e diversos outros tipos de bebidas (HEMINGWAY; KARCHESY; BRANHAM, 1989; CALA et al., 2011; FERRARI; PACHECO, 2015).

Azêvedo *et al* (2015), em sua revisão abordando a qualidade dos taninos da casca e galhos de *Mimosa tenuiflora* para a produção de adesivo tanino formaldeído especificou que apesar do potencial de geração desse composto, a coleta de matéria-prima durante a estação seca influenciou na qualidade final do adesivo, indicando que eles deveriam sofrer tratamentos químicos antes de prosseguir com a colagem na madeira devido à alta viscosidade dos adesivos produzidos.

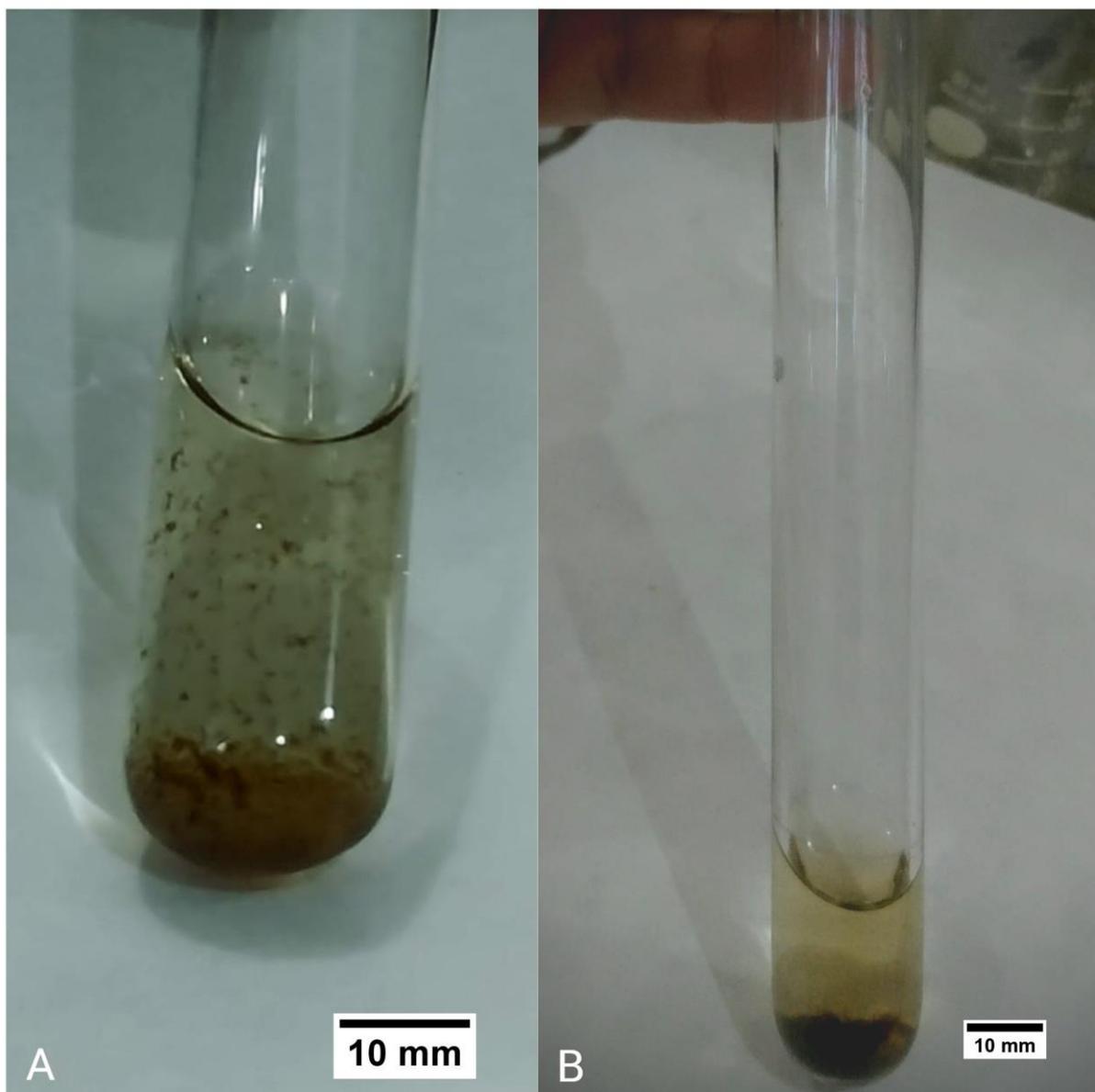


Figura 25 - Precipitado de coloração verde positivo para taninos condensados. (A) *Andira anthelmia*; (B) *Mimosa tenuiflora*. Fonte: Autor (2022).

A madeira de *Mimosa tenuiflora* denotou a presença de flavanonóis evidenciado pela coloração laranja obtida no resultado do tubo de ensaio 3 acondicionado em pH 11 (Figura 26). Estudos desenvolvidos por Bezerra *et al* (2011), encontraram resultados positivos para o teste de flavonóis, flavanonas, flavanonóis e xantonas, quando investigaram a casca, cerne e folha de

Mimosa tenuiflora, salientando que os extratos etanólicos obtidos destas partes da árvore produziram atividade antimicrobiana *in vitro* que corrobora com as habilidades terapêuticas descritas dessa espécie na literatura especializada.

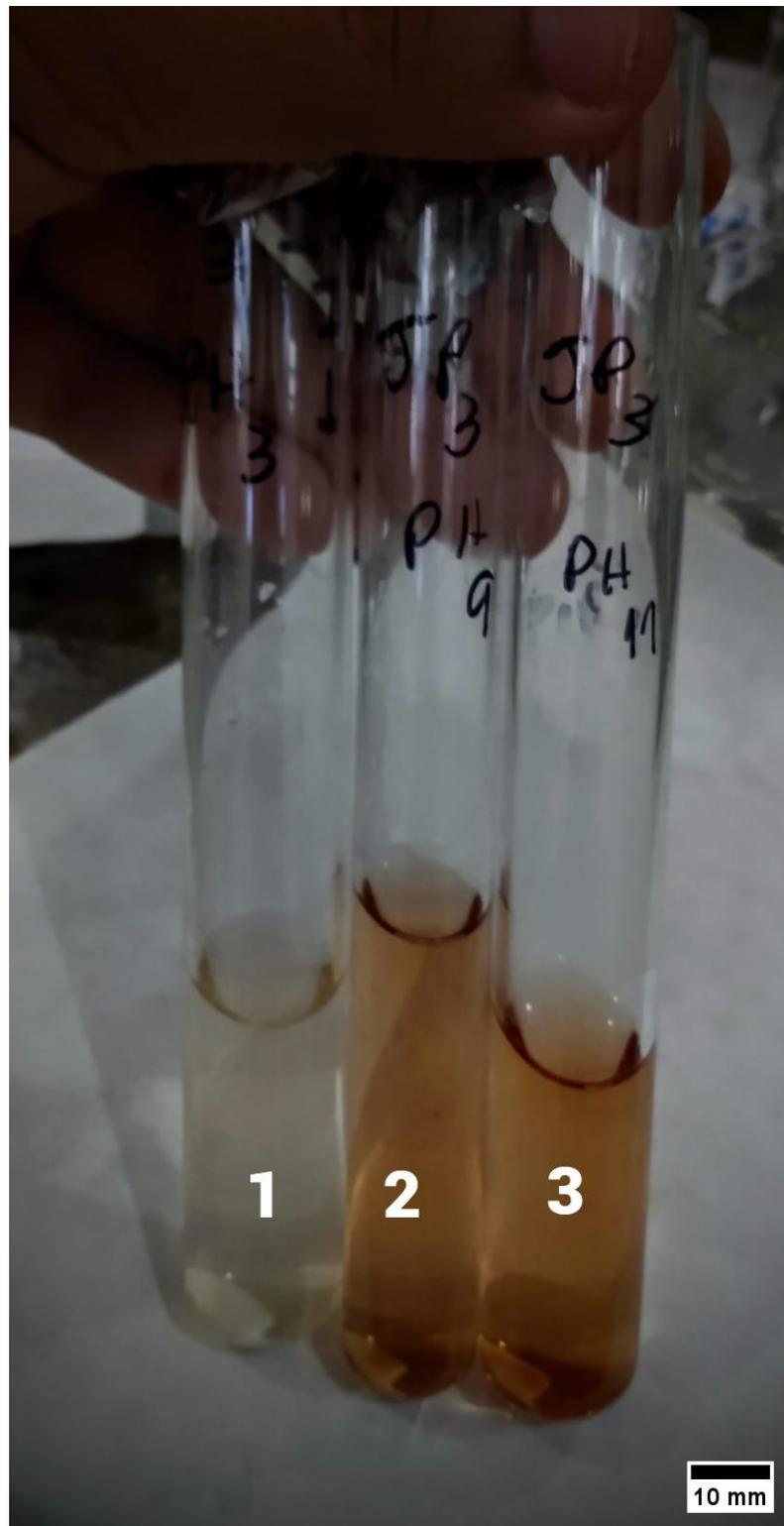


Figura 26 - Coloração positivo para flavanonóis em *Mimosa tenuiflora* (tubo de ensaio 3)
Fonte: Autor (2022).

A presença de leucoantocianidinas (Figura 27) e flavanonas (Figura 28) foram confirmadas durante a execução do teste para ambos os indivíduos arbóreos. Durante a avaliação fitoquímica do efeito gastroprotetor e imunomodulador de *Mimosa tenuiflora*, Rodrigues (2017), constatou a presença de leucoantocianidinas nas amostras obtidas das entrecascas dessa árvore. O extrato exibiu atividades antimicrobianas, antioxidantes e gastroprotetoras proveniente desses metabólitos secundários, principalmente, os de origem fenólica responsáveis pela inibição de radicais livres.

Os representantes das classes dos flavonóides possuem significativa atividade anti-helmíntica comprovada, como sugere os estudos de Silva *et al* (2008), que investigou esse potencial vermífugo dos flavonóides isolados das raízes de *Andira anthelmia*, que demonstrou habilidade na eliminação dos parasitas gástricos.

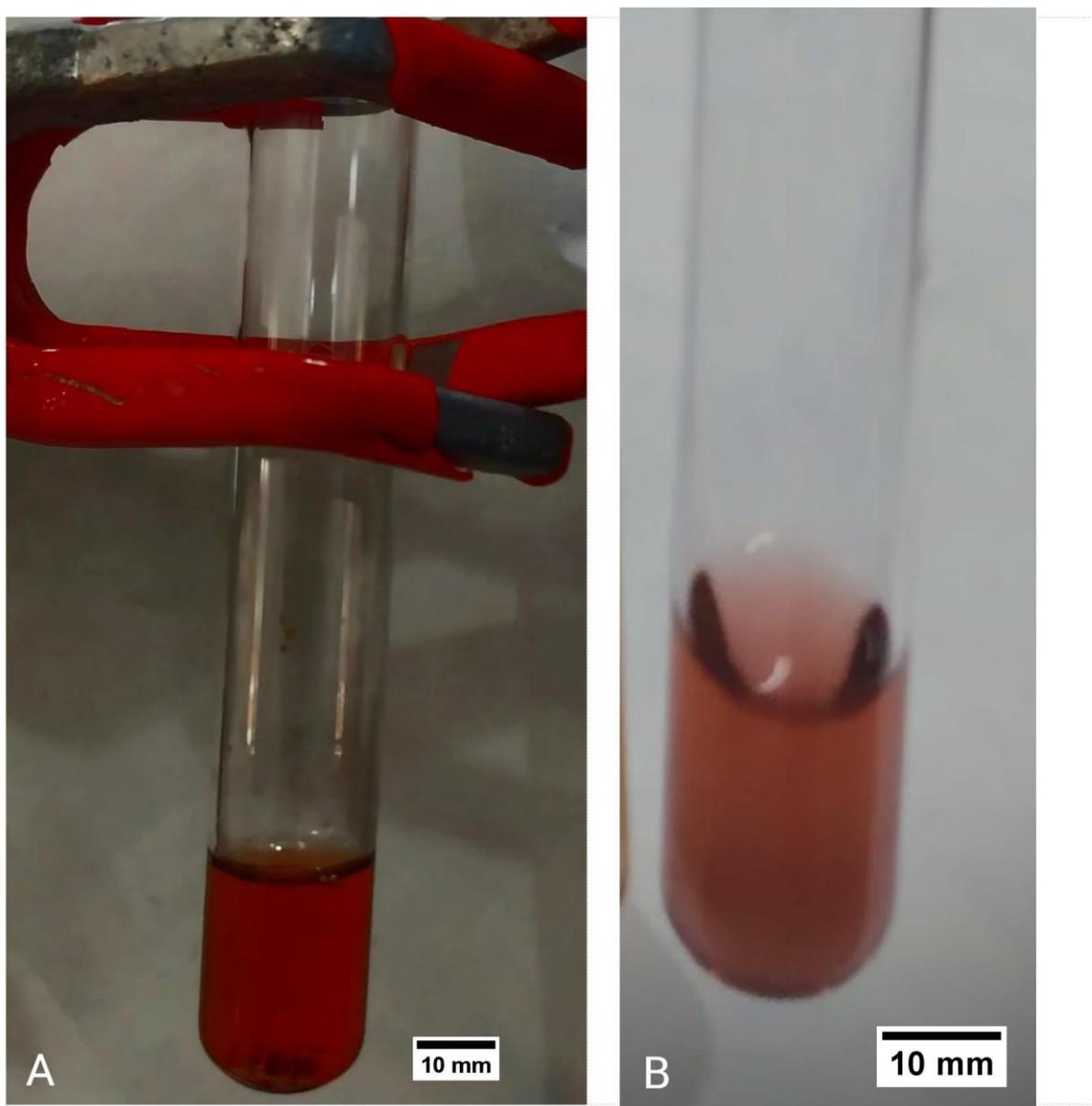


Figura 27 - Coloração característica vermelha positivo para leucoantocianidinas. *Andira anthelmia*; (B) *Mimosa tenuiflora*. Fonte: Autor (2022).

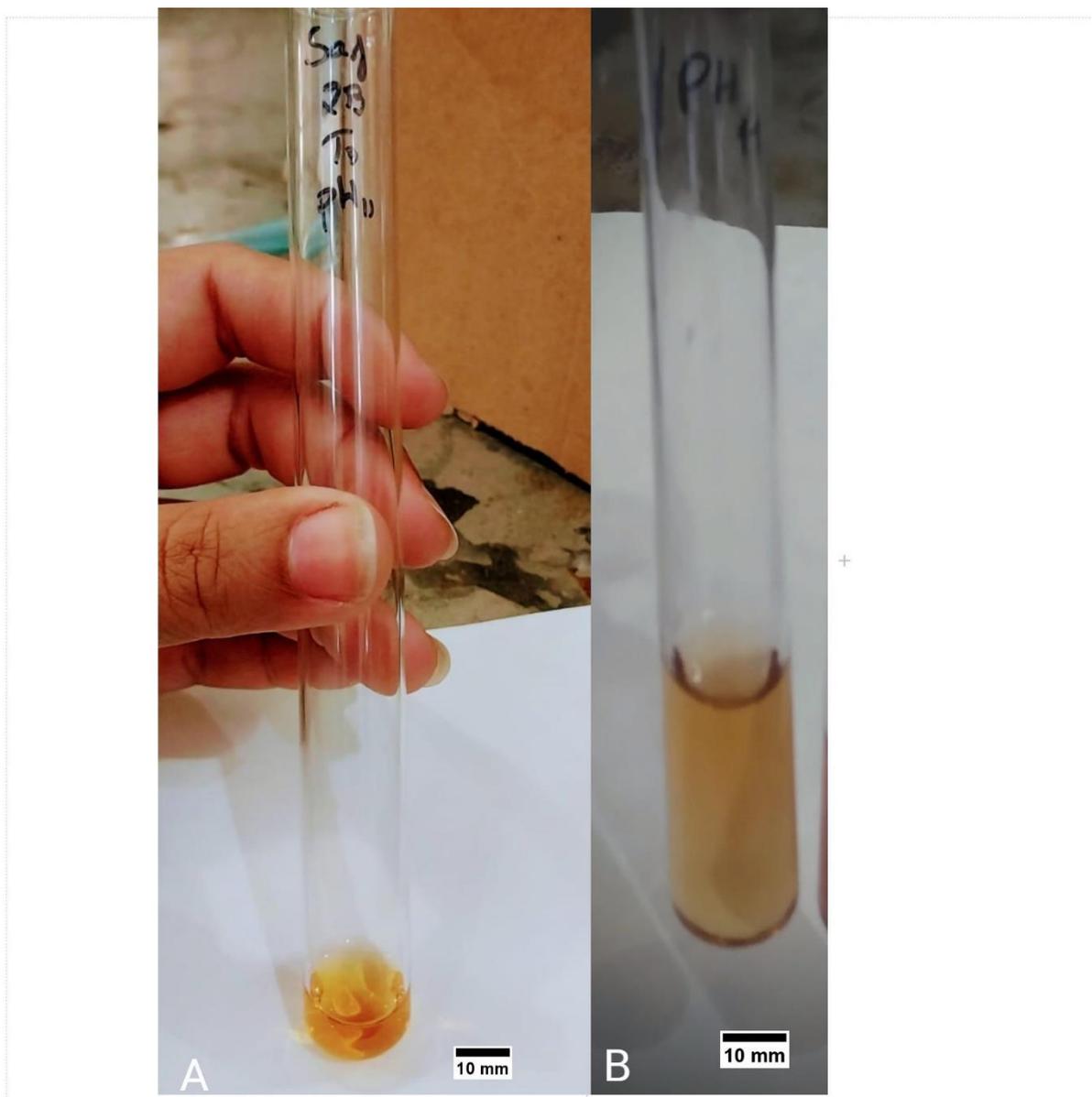


Figura 28 - Coloração característica laranja positivo para flavanonas. *Andira anthelmia*; (B) *Mimosa tenuiflora*. Fonte: Autor (2022).

Foi verificada a presença de flavonóis, flavanonas, flavanonóis e xantonas para as duas espécies estudadas (Figura 29). Os Flavonóides estão grandemente distribuídos no reino vegetal e são um dos grupos mais relevantes e diversificados entre os produtos oriundos de plantas, sendo derivados de substâncias polifenólicas e estando presentes em diferentes partes do tecido das plantas, que compreendem raízes, caules, pólen e frutas (NUNES, 2008; SIMÕES et al., 2007).

Os compostos derivados polifenólicos estão dentro das classes dos metabólitos secundários capazes de conferir as plantas potencial farmacológico essenciais à humanidade (OMENA et al., 2020). No tocante a essa farmacologia, Pereira *et al* (2009) demonstrou em ensaio microbiológico a atividade antifúngica do extrato etanólico da casca de *Mimosa tenuiflora* sob a levedura de *Candida spp*, proporcionando um satisfatório halo de inibição do crescimento fúngico devido a rica presença de taninos e flavonóides.

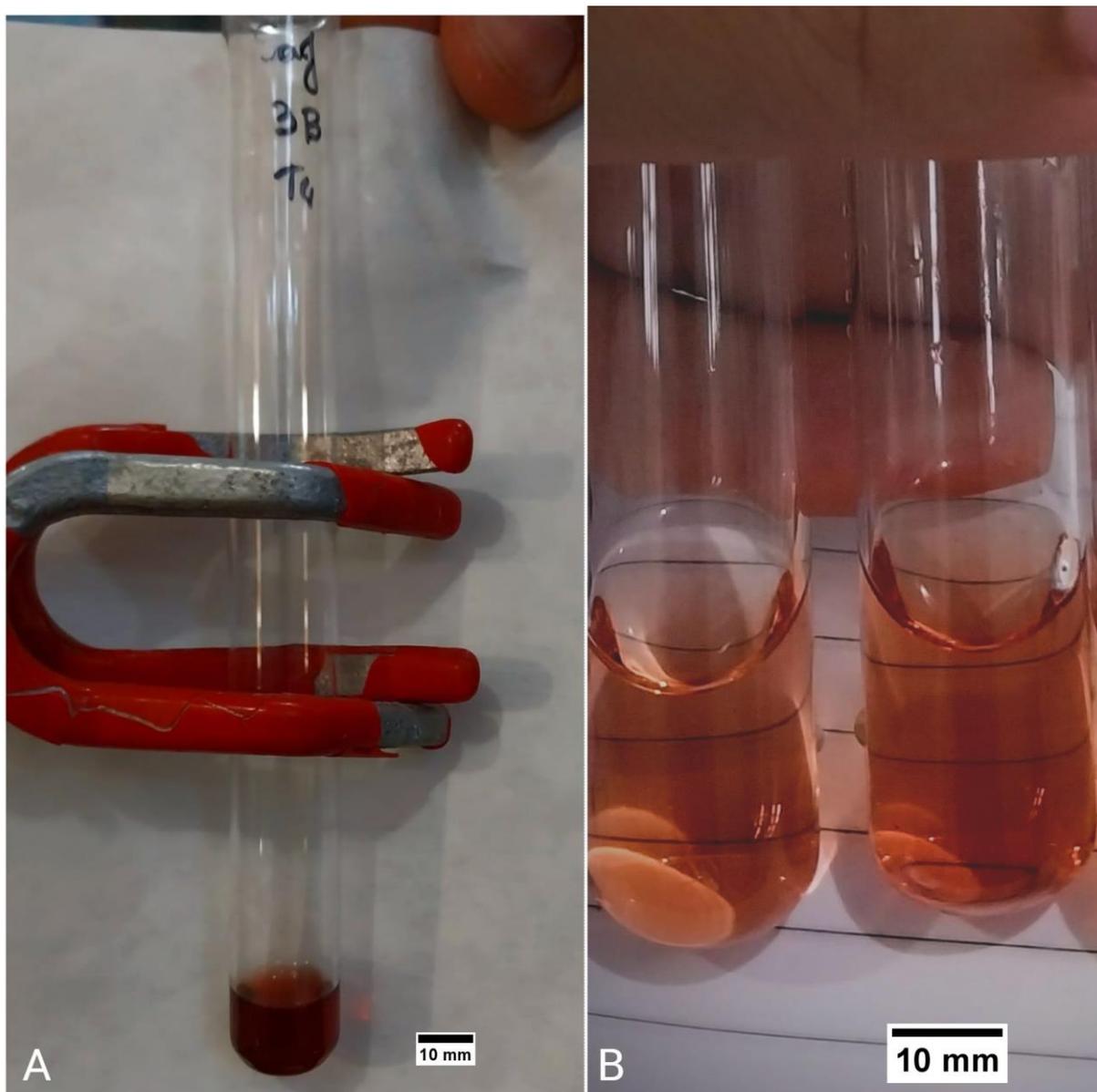


Figura 29 - Resultado positivo para flavonóis, flavanonas, flavanonóis e xantonas. (A) *Andira anthelmia*; (B) *Mimosa tenuiflora*. Fonte: Autor (2022).

A pigmentação parda até avermelhada indicou a presença de triterpenóides pentacíclicos para os dois indivíduos avaliados, conforme indica a Figura 30. Avaliando o extrato aquoso de folhas de *Mimosa tenuiflora*, Oliveira (2011b), constatou a detecção de terpenóides, que juntamente associados a outros compostos como os flavonóides, taninos condensados e alcalóides reforçam a aplicabilidade no uso popular deste vegetal como agente anti-inflamatório, antisséptico, antinociceptiva e estimulante.

De acordo com Simões *et al* (2007), os triterpenóides pentacíclicos são estruturas que apresentam trinta átomos de carbono e cinco anéis aromáticos. Ma *et al* (2022), estudando os efeitos do ácido ursólico, um importante triterpenóide pentaciclíco, sob a biossíntese do colesterol constatou sua habilidade em ativar mecanismos moleculares do efeito de redução do colesterol e atuar no alívio do tratamento do aumento dos níveis de gordura no sangue como potencial terapêutico.

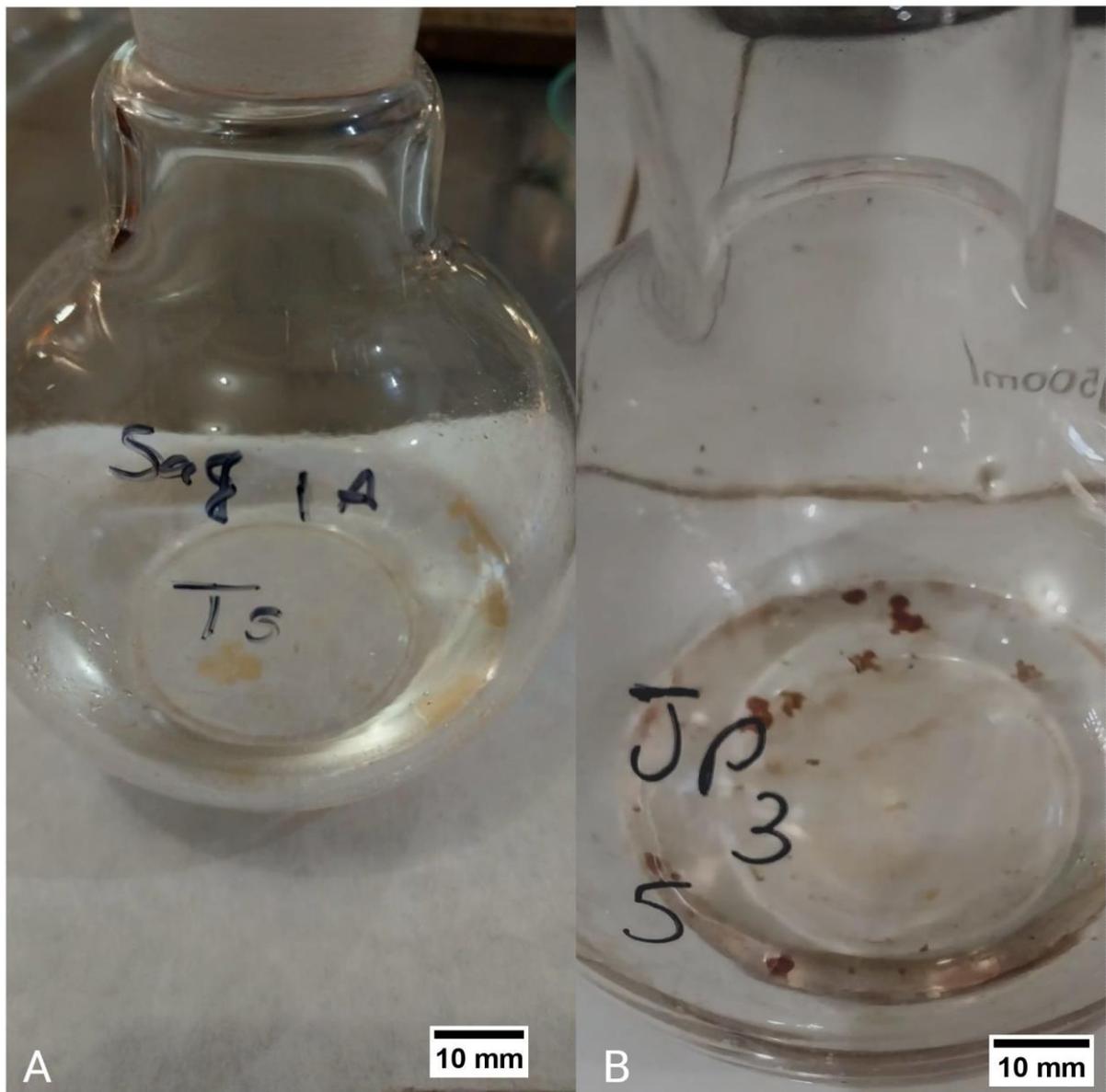


Figura 30 - Teste positivo para triterpenóides. (A) *Andira anthelmia*; (B) *Mimosa tenuiflora*.
Fonte: Autor (2022).

A formação de espuma durante o teste com o extrato hidrofílico de *Mimosa tenuiflora* (Figura 31), confirmou a presença de saponinas. Essas substâncias derivadas do metabolismo secundário dos vegetais têm ação protetora dos tecidos vulneráveis ao ataque de patógenos fúngicos, bacterianos e insetos predadores (WINA; MUETZEL; BECKER, 2005).

As saponinas esteroidais são encontradas em uma enorme variedade de alimentos destinados a nutrição humana como a aveia, berinjela, semente de tomate, inhame, ginseng e mandioca. Muitas plantas pertencentes a família Fabaceae apresentam saponinas em suas vagens, sendo consumidas também como gêneros alimentícios das quais destacam-se a soja, feijão, ervilha, luzerna etc (FRANCIS et al., 2002).

Almeida et al (2016), a partir de estudos da prospecção fitoquímica do extrato bruto das folhas de *Mimosa tenuiflora* identificou compostos bioativos, entre eles, a presença de saponinas foi confirmada nos dados da pesquisa, salientando a grande importância da biodiversidade de

plantas pertencentes ao bioma caatinga, na confecção de novos medicamentos a partir da estrutura desses princípios ativos estudados.

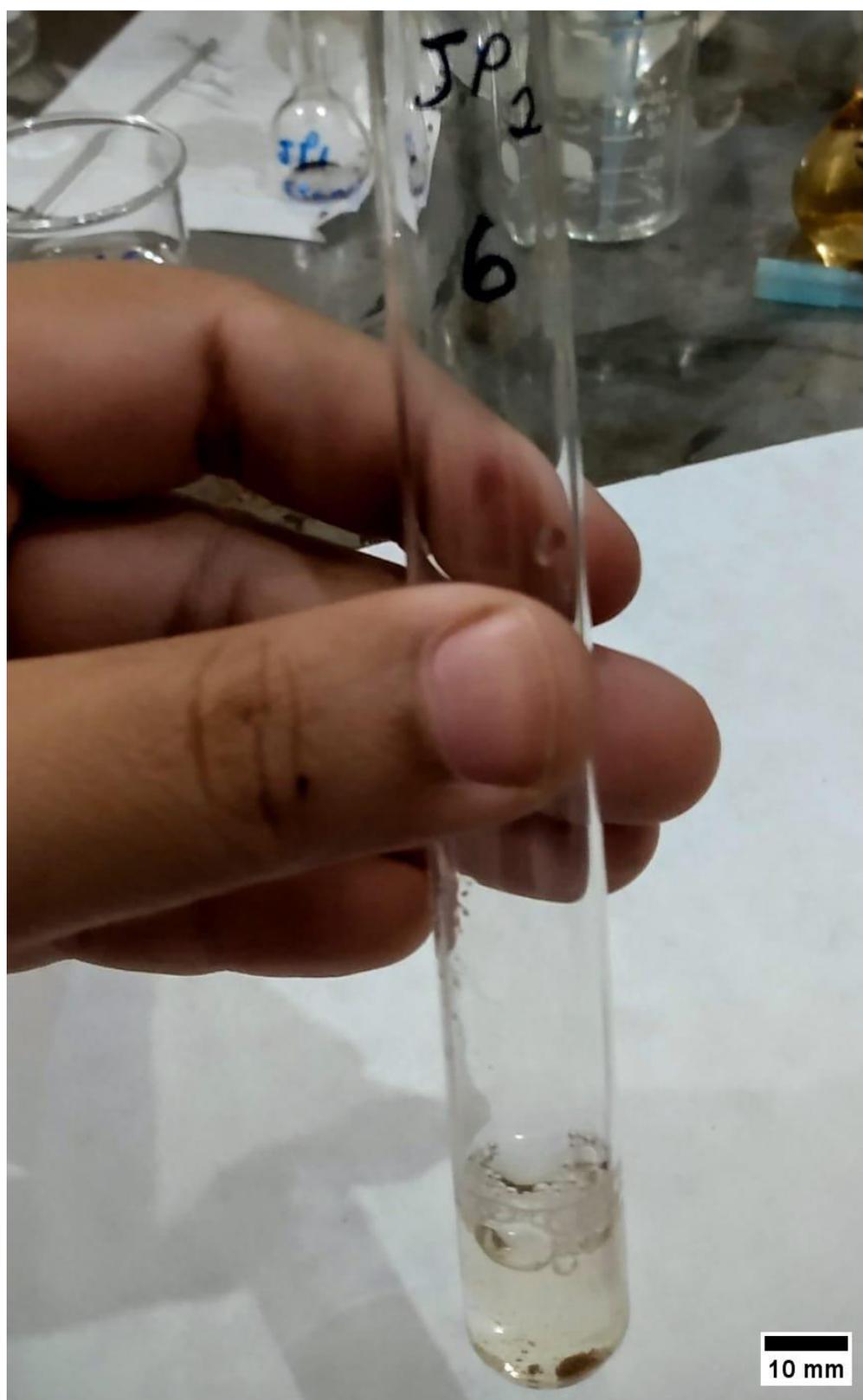


Figura 31 - Teste positivo para saponinas. Fonte: Autor (2022).

Na análise para teste de alcalóides foi obtido resultado positivo para ambas as espécies com o aparecimento de precipitado floculoso após a incorporação do reagente de Dragendorff (Figura 32). O número de substâncias descobertas pertencentes a essa classe tem aumentado significativamente segundo Memelink *et al* (2001), que discorre em cerca de 16.000 produtos naturais conhecidos como alcalóides.

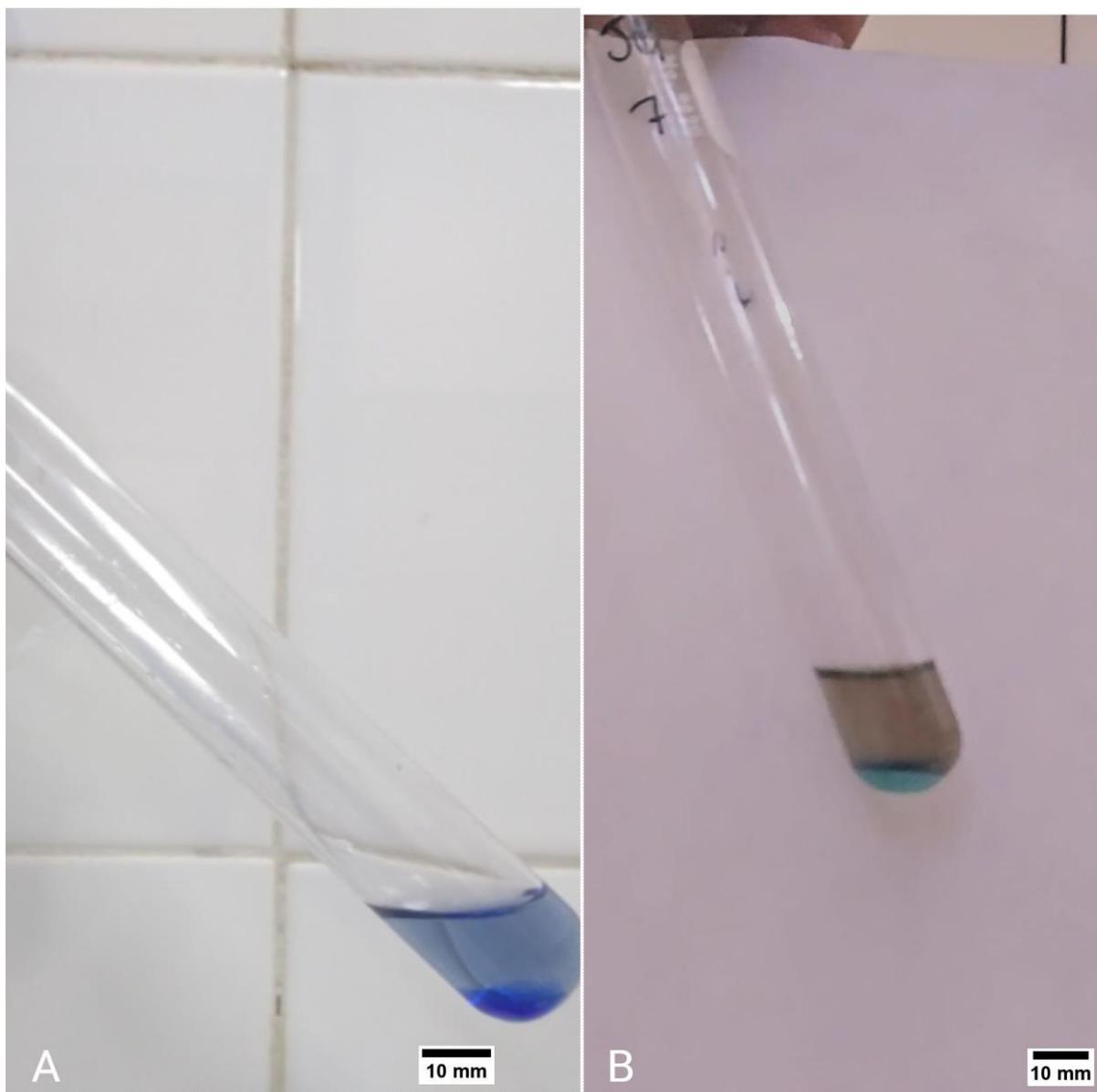


Figura 32 - Formação de precipitado floculoso positivo para alcalóides. (A) *Andira anthelmia*; (B) *Mimosa tenuiflora*. Fonte: Autor (2022).

Estudos desenvolvidos por Santos (2012), com uma espécie do gênero *Andira*, a *Andira retusa* (Poir.) Kunth, também indicou a presença de alcalóides durante a avaliação fitoquímica dos extratos da planta.

Os efeitos alucinógenos da bebida utilizada em rituais religiosos, denominada vinho de jurema, tem origem da interação do alcalóide DMT com os receptores serotoninérgicos no sistema nervoso central; o DMT possui a forma estrutural semelhante a serotonina, interferindo nas funções psíquicas, noção de dimensão, delírios óticos e acústicos, alterações no humor,

distorção na percepção do tempo e espaço, perda da personalidade, midríase e hipertermia (ALMEIDA; ASSIS; SILVA, 2018).

As outras classes de extrativos não percorridas tiveram resultado negativo nos testes executados e, portanto, não estão presentes na madeira de *Andira anthelmia* e *Mimosa tenuiflora*.

5. CONCLUSÃO

A caracterização química quantitativa da madeira de ambas as espécies revelou que os constituintes obtidos estão dentro dos teores padrões previstos na literatura.

A abordagem fitoquímica do extrato hidrofílico obtido dos indivíduos estudados possibilitou o conhecimento das diversas classes de metabólitos secundários presentes na madeira de *Andira anthelmia* e *Mimosa tenuiflora* que podem ser utilizados para os mais diferentes tipos de fins.

Levando em consideração os dados levantados das espécies estudadas e sua relevância observada em seus constantes usos múltiplos, essa investigação contribuirá para o aprofundamento de trabalhos posteriores, visto o fato da escassa literatura disponível acerca das espécies florestais do bioma Caatinga.

6. REPERERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDALLAH, I. I.; QUAX, W. J. A Glimpse into the Biosynthesis of Terpenoids. **KnE Life Sciences**, v. 3, n. 5, p. 81–98, 11 set. 2017.

ABREU, H. et al. **Proposta de Modificação da Biossíntese da Lignina como Estratégia para Correção de Defeitos em Madeiras**. Lisboa: EFN, 2003. Disponível em: <http://www.if.ufrj.br/biolig/artigos_publicados/Proposta%20de%20modifica%C3%A7%C3%A3o%20da%20bioss%C3%ADntese%20da%20lignina%20como%20estrat%C3%A9gia%20para%20corre%C3%A7%C3%A3o%20de%20defeitos%20em%20madeiras.pdf>. Acesso em: 6 ago. 2022

ABREU, H. DOS S. et al. **Série Técnica Floresta e Ambiente**. Seropédica, 2006.

AHERNE, S. A.; O'BRIEN, N. M. Dietary flavonols: chemistry, food content, and metabolism. **Nutrition**, v. 18, n. 1, p. 75–81, 1 Jan. 2002.

ALBUQUERQUE, U. P. DE. The use of Medicinal Plants by the Cultural Descendants of African People in Brazil. **Acta Farmaceutica Bonaerense**, v. 20, n. 2, p. 139–144, 9 fev. 2001.

ALMEIDA, A. M. C. **Avaliação anatômica, físico-química e energética da madeira das espécies *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke e *Amburana cearensis* (Allemão) A. C. Smith de ocorrência no semiárido nordestino brasileiro**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Patos, Paraíba: UFCG/CSTR, 2010.

ALMEIDA, D. F.; ASSIS, T. J. C. F.; SILVA, A. L. P. Dimetiltriptamina: alcalóide alucinógeno e seus efeitos no Sistema Nervoso Central. **Acta Brasiliensis**, v. 2, n. 1, p. 28–33, 20 jan. 2018.

ALMEIDA, A. S. DE et al. Análise do Perfil Fitoquímico dos extratos do Mororó, Jurema Preta e Angico do Cerrado. **CONIDIS - Congresso Internacional da Diversidade do Semiárido**, n. 1, p. 4, 2016.

AMARAL, D. F. et al. FABACEAE. Em: SOUZA, E. M. DE (Ed.). **Plantas da Caatinga - Um Olhar Multidisciplinar**. Petrolina: IFSertãoPE, 2021. p. 1–153.

AMARIZ, I. A. E et al. Chemical study of *Mimosa tenuiflora* barks. **Natural Product Research**, p. 1–5, 14 set. 2020.

ANDRADE, B. D. A. **ATIVIDADE FOTOPROTETORA in vitro DE ESPÉCIES MEDICINAIS DA CAATINGA PERNAMBUCANA E INCORPORAÇÃO EM GEL DERMATOLÓGICO**. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) —Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 26 fev. 2015.

ANTUNES, C.; ARBO, M. D.; KONRATH, E. L. **Hepatoprotective Native Plants Documented in Brazilian Traditional Medicine Literature: Current Knowledge and Prospects. Chemistry and Biodiversity** John Wiley and Sons Inc, 1 jun. 2022.

AQUINO, D. DO N. et al. Impacto de Secas e Antropização na Dinâmica da Cobertura Florestal em Fragmento do Domínio Fitogeográfico da Caatinga. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, p. 1675–1689, 14 jun. 2021.

ARAÚJO, G. G. L. DE; ALBUQUERQUE, S. G. DE; GUIMARÃES FILHO, C. **OPÇÕES NO USO DE FORRAGEIRAS ARBUSTIVO-ARBÓREAS NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL NO SEMI-ÁRIDO DO NORDESTE**. Em: **Sistemas agroflorestais pecuários: opções de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais**. Petrolina: Embrapa Semi-árido, 2001. p. 111–137.

ARAUJO, H. J. B. DE. **CARACTERIZAÇÃO DO MATERIAL MADEIRA. Educação Ambiental - o Desenvolvimento Sustentável na Economia Globalizada**, p. 31–44, 2020.

ARMELIN, R. S. **As dinâmicas de Schefflera angustissima (March.) Frodin (Araliaceae) e de Andira anthelmia (Vell.) March. (Fabaceae) na reserva de Morro Grande, São Paulo**. Tese (Doutorado em Ciências) —São Paulo: Universidade de São Paulo, 20 dez. 2006.

ARO, T.; FATEHI, P. Tall oil production from black liquor: Challenges and opportunities. **Separation and Purification Technology**, v. 175, p. 469–480, 24 mar. 2017.

AZEVÊDO, S. M. A. DE et al. **CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS DE JUREMA PRETA (Mimosa tenuiflora (Wild) Poiret) EM SOLOS DE ÁREAS DEGRADADAS DA CAATINGA**. Espírito Santo do Pinhal: [s.n.].

AZEVÊDO, T. K. B. DE et al. Qualidade dos taninos de Jurema-preta (*Mimosa tenuiflora*) para a produção de adesivo tanino formaldeído. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 2, p. 507–514, 30 jun. 2015.

AZEVÊDO, T. K. B. DE et al. Teor de Taninos Condensados Presente na Casca de Jurema-Preta (*Mimosa tenuiflora*) em Função das Fenofases. **Floresta e Ambiente**, v. 24, p. 1–7, 13 jul. 2017.

BAGUETTE, M.; VAN DYCK, H. Landscape connectivity and animal behavior: Functional grain as a key determinant for dispersal. **Landscape Ecology**, v. 22, n. 8, p. 1117–1129, out. 2007.

BEIDOKHTI, M. N.; JÄGER, A. K. Review of antidiabetic fruits, vegetables, beverages, oils, and spices commonly consumed in the diet. **Journal of ethnopharmacology**, v. 201, p. 26–41, 6 abr. 2017.

BENEDITO, C. P. **BIOMETRIA, GERMINAÇÃO E SANIDADE DE SEMENTES DE JUREMA-PRETA (Mimosa tenuiflora Willd.) E JUREMA-BRANCA (Piptadenia stipulacea Benth.)**. Tese (Doutorado em Fitotecnia) —Mossoró: Universidade Federal Rural do Semi-Árido, 1 jun. 2012.

BEZERRA, D. A. C. et al. Phytochemical approach, bromatologic composition and antibacterial activity of *Mimosa tenuiflora* (Wild) Poiret and *Piptadenia stipulacea* (Benth) Ducke. **Acta Scientiarum - Biological Sciences**, v. 33, n. 1, p. 99–106, 2011.

BIRKBECK, M. O. et al. Synthesis and Characterization of Biocomposite Films of Methylcellulose-Based with Nanocellulose. v. 13, n. 3, p. 274, 2022.

BIRT, D. F.; HENDRICH, S.; WANG, W. Dietary agents in cancer prevention: flavonoids and isoflavonoids. **Pharmacology & Therapeutics**, v. 90, n. 2–3, p. 157–177, 1 maio 2001.

BISHT, B. S.; BANKOTI, H.; BHARTI, T. A Review on Therapeutic Uses of Terpenoids. **Journal of Drug Delivery and Therapeutics**, v. 11, n. 1- s, p. 182–185, 15 fev. 2021.

BLOCK, J. M.; BARRERA-ARELLANO, D. Introducción a la Química de Lípidos. Em: **Temas Selectos en Aceites y Grasas**. [s.l.] Blucher, 2013. v. 3p. 1–37.

BOITEUX, H. **Madeiras de construção de Santa Catarina**. Santa Catarina/Florianópolis, 1947.

BRAZ, R. L. et al. Caracterização Anatômica, Física e Química da Madeira de Clones de Eucalyptus Cultivados em Áreas Sujeitas à Ação de Ventos. **Revista Ciência da Madeira - RCM**, v. 5, n. 2, p. 127–137, 30 nov. 2014.

BRUNETON, J. **Elementos de Fitoquímica y Farmacognosia**. [s.l.] Acribia, S.A., 1991.

BUCHANAN, B. B.; GRUISSEM, WILHELM.; JONES, R. L. **Biochemistry & molecular biology of plants**. 2. ed. Rockville Md.: American Society of Plant Physiologists, 2015.

CALA, O. et al. Towards a molecular interpretation of astringency: synthesis, 3D structures, colloidal state, and human saliva protein recognition of procyanidins. **Planta medica**, v. 77, n. 11, p. 1116–1122, 2011.

CALDAS, A. C. et al. Tannins from *Mimosa tenuiflora* in the diet improves nutrient utilisation, animal performance, carcass traits and commercial cuts of lambs. **Animal Production Science**, v. 61, n. 13, p. 1373–1384, 2021.

CALIXTO JÚNIOR, J. T.; DRUMOND, M. A.; ALVES JÚNIOR, F. T. ESTRUTURA E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. EM DOIS FRAGMENTOS DE CAATINGA EM PERNAMBUCO. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 2, p. 95–100, jun. 2011.

CALMON, M. Restauração de florestas e paisagens em larga escala: o Brasil na liderança global. **Ciência e Cultura**, v. 73, n. 1, p. 44–48, jan. 2021.

CARVALHO, A. C. DE et al. Produção de energia da madeira de espécies da Caatinga aliada ao manejo florestal sustentável. **Scientia Forestalis**, v. 48, n. 126, 30 jun. 2020.

CARVALHO, L. C. F. DE. **ALCALOIDES**. Disponível em: <<https://profluiscarloscarvalho.comunidades.net/alcaloides>>. Acesso em: 6 ago. 2022.

CARVALHO, P. E. R. Angelim-lombriga: *Andira anthelmia*. Em: **Angelim-lombriga: Andira anthelmia**. Embrapa Florestas ed. Distrito Federal: Embrapa Florestas, 2008. v. 3p. 57–63.

CÓRDULA, E.; MORIM, M. P.; ALVES, M. Morfologia de frutos e sementes de Fabaceae ocorrentes em uma área prioritária para a conservação da Caatinga em Pernambuco, Brasil. **Rodriguésia**, v. 65, n. 2, p. 505–516, jun. 2014.

CORRÊA, R. DE S. Xantonas oxigenadas bioativas: cristalização, estrutura e suas interações intra e intermoleculares. 29 jul. 2009.

COSTA, J. A. S. et al. **Leguminosas Forrageiras da Caatinga: espécies importantes para as comunidades rurais do sertão da Bahia**. Feira de Santana: Universidade Estadual Feira de Santana. SASOP, 2002.

COSTA, K. Á. et al. Estudo do processo de lixiviação controlada da escória de aciaria em extrator soxhlet visando emprego em pavimentos. **Matéria (Rio de Janeiro)**, v. 22, n. 2, 1 jun. 2017.

CÔTÉ, W. A. Chemical Composition of Wood. **Principles of Wood Science and Technology**, p. 55–78, 1968.

DIAS JÚNIOR, A. F. et al. USINAGEM DA MADEIRA DE CINCO ESPÉCIES NATIVAS BRASILEIRAS. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 18, n. 3, 1 set. 2014.

DUARTE, E. F. et al. Morphology of the diaspores, post-seminal development and emergence of seedlings in angelim [*Andira anthelmia* (Vell.) Benth. - Fabaceae]. **Magistra**, v. 23, n. 1/2, p. 1–10, 2011.

DUTRA, V. F. et al. **Mimosa in Flora e Funga do Brasil**. Disponível em: <<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB18874>>. Acesso em: 31 jul. 2022.

FEOFILOVA, E. P.; MYSYAKINA, I. S. Lignin: Chemical structure, biodegradation, and practical application (a review). **Applied Biochemistry and Microbiology** 2016 **52:6**, v. 52, n. 6, p. 573–581, 25 out. 2016.

FERNANDES, J. M.; GARCIA, F. C. P. Leguminosae em dois fragmentos de floresta estacional semidecidual em Araçuaia, Minas Gerais, Brasil: arbustos, subarbustos e trepadeiras. **Rodriguésia**, v. 59, n. 3, p. 525–546, jul. 2008.

FERRARI, W. A.; PACHECO, J. W. F. **Guia técnico ambiental de curtumes**. São Paulo: CETESB, 2015. v. 2

FOELKEL, C. **A Lignina do Pinus e o seu Potencial para as Biorrefinarias Integradas ao Setor de Celulose e Papel**. Chapecó/SC: [s.n.].

FONSECA, M. A. DA. **Fragmentação, conservação e restauração da caatinga**. Tese (Doutorado em Ecologia) —Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, jun. 2017.

FRANCIS, G. et al. The biological action of saponins in animal systems: a review. **British Journal of Nutrition**, v. 88, n. 6, p. 587–605, dez. 2002.

FREITAS, A. D. S. DE et al. Fixação biológica de nitrogênio no Semiárido Brasileiro (Biological nitrogen fixation in the Brazilian Semiarid). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, p. 585, 15 dez. 2015.

GAO, W. et al. Novel strategy for establishment of an FT-Raman spectroscopy based quantitative model for poplar holocellulose content determination. **Carbohydrate Polymers**, v. 277, p. 118793, 1 fev. 2022.

GARIGLIO, M. A. et al. **Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da caatinga**. 2. ed. Brasília/DF: Serviço Florestal Brasileiro, 2010.

GARRIDO, J.; BORGES, F. Wine and grape polyphenols — A chemical perspective. **Food Research International**, v. 54, n. 2, p. 1844–1858, 1 dez. 2013.

GIULIETTI, A. M. et al. Diagnóstico da vegetação nativa do bioma Caatinga. Em: MMA et al. (Eds.). **Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação**. 1. ed. MMA, 2004. p. 45–90.

GNERRE, C. et al. Natural and Synthetic Xanthenes as Monoamine Oxidase Inhibitors: Biological Assay and 3D-QSAR. **HELVETICA**, v. 54, n. 3, p. 552–570, 29 mar. 2001.

GOMES, F. J. B. G. **Química e Bioquímica da Madeira**. Aulas Teóricas; Seropédica, 2019.

HEMINGWAY, R. W.; KARCHESY, J. J.; BRANHAM, S. J. **Chemistry and Significance of Condensed Tannins**. Boston, MA: Springer US, 1989. v. 1

KHARADE, A. Y.; KALE, D. D. Lignin-filled polyolefins. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 72, n. 10, p. 1321–1326, 6 jun. 1999.

KIILL, L. H. P. **Bioma Caatinga**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/bioma-caatinga/introducao>>. Acesso em: 2 mar. 2022.

KLOCK, U.; ANDRADE, A. S. DE. **QUÍMICA DA MADEIRA**. Curitiba, 2013. Disponível em:

<<http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasklock/quimicadamadeira/Quimica%20da%20Madeira%202013.pdf>>. Acesso em: 5 ago. 2022

KOMURA, R. K. **Investigação dos métodos de separação, uso e aplicação da Lignina proveniente da biomassa lignocelulósica**. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Mecânica)—Guaratinguetá/São Paulo: Universidade Estadual Paulista, 2015.

LE DIGABEL, F.; AVÉROUS, L. Effects of lignin content on the properties of lignocellulose-based biocomposites. **Carbohydrate Polymers**, v. 66, n. 4, p. 537–545, 23 Nov. 2006.

LEAL, I. R. et al. Mudando o curso da conservação da biodiversidade na Caatinga do Nordeste do Brasil. **Megadiversidade**, v. 1, p. 140–146, Jul. 2005.

LEE, Y. M. et al. Dietary Anthocyanins against Obesity and Inflammation. **Nutrients**, v. 9, n. 10, 1 out. 2017.

LEWIS, G. et al. **Legumes of the world**. 1. ed. Richmond: The Royal Botanic Gardens, 2005.

LIMA JÚNIOR, D. M. DE et al. FATORES ANTI-NUTRICIONAIS PARA RUMINANTES. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 4, n. 3, p. 132–143, 10 nov. 2010.

LIU, Q.; LUO, L.; ZHENG, L. Lignins: Biosynthesis and Biological Functions in Plants. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 19, n. 2, 1 fev. 2018.

LOIOLA, M. I. B. et al. LEGUMINOSAS E SEU POTENCIAL DE USO EM COMUNIDADES RURAIS DE SÃO MIGUEL DO GOSTOSO – RN. **Revista Caatinga**, v. 23, p. 59–70, 21 ago. 2020.

MA, X. et al. Ursolic acid inhibits the cholesterol biosynthesis and alleviates high fat diet-induced hypercholesterolemia via irreversible inhibition of HMGCS1 in vivo. **Phytomedicine**, v. 103, p. 154233, ago. 2022.

MACHADO, H. et al. Flavonóides e seu potencial terapêutico. **Boletim do Centro de Biologia da Reprodução**, v. 27, p. 33–39, dez. 2008.

MAI, C.; SCHMITT, U.; NIEMZ, P. A brief overview on the development of wood research. **Holzforschung**, v. 76, n. 2, p. 102–119, 2022.

MAINIERI, C. **Madeiras do litoral sul: São Paulo, Paraná e Santa Catarina**. São Paulo: [s.n.].

MATOS, F. J. DE A. **Introdução à fitoquímica experimental**. 3. ed. Fortaleza: EUFC, 2009.

MEMELINK, J.; VERPOORTE, R.; KIJNE, J. W. ORCAnization of jasmonate-responsive gene expression in alkaloid metabolism. **Trends in Plant Science**, v. 6, n. 5, p. 212–219, 1 maio 2001.

MORAIS, S. A. L. DE; NASCIMENTO, E. A. DO; MELO, D. C. DE. Análise da madeira de *Pinus oocarpa* parte I: estudo dos constituintes macromoleculares e extrativos voláteis. **Revista Árvore**, v. 29, n. 3, p. 461–470, jun. 2005.

MOURA, R. M. R. DE et al. REPRESENTATIVIDADE DA FAMÍLIA FABACEAE EM UM FRAGMENTO DE CAATINGA NO SEMIÁRIDO POTIGUAR. **Realize Eventos Científicos e Editora Ltda**, p. 1–6, 2017.

MURPHY, J. D.; MCCARTHY, K. Ethanol production from energy crops and wastes for use as a transport fuel in Ireland. **Applied Energy**, v. 82, n. 2, p. 148–166, 1 out. 2005.

NEVES, G. D. S. **EFEITO DA APLICAÇÃO DE EXTRATIVOS NATURAIS E PRODUTOS DE ACABAMENTO NA SUPERFÍCIE DAS MADEIRAS DE CEDRO (*Cedrela odorata*) E FREIJÓ (*Cordia goeldiana*) EXPOSTAS AO INTEMPERISMO ACELERADO**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) —Brasília: Universidade de Brasília, fev. 2019.

NOGUEIRA, S. S. **Caracterização química, física, colorimétrica e durabilidade natural da Mimosa tenuiflora**. Monografia (Bacharel em Engenharia Florestal) —Mossoró: Universidade Federal Rural do Semi-Árido, 6 fev. 2020.

NUNES, X. P. **CONSTITUINTES QUÍMICOS DAS PARTES AÉREAS DE Mimosa paraibana Barneby e Mimosa tenuiflora (Willd) Poir**. Tese (Doutorado em Produtos Naturais e Sintéticos) —João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba, 2008.

OLIVEIRA, A. K. DE et al. Allelopathy by extracts of Caatinga species on melon seeds. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 37, n. 2, p. 557–566, 26 abr. 2016.

OLIVEIRA, E. DE. **Características anatômicas, químicas e térmicas da madeira de três espécies de maior ocorrência no semi-árido nordestino**. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) —Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 19 dez. 2003.

OLIVEIRA, L. B. DE. **Avaliação de atividades farmacológicas de Mimosa tenuiflora (Willd.) Poir**. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) —Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 28 fev. 2011.

OLIVEIRA, Y. R. et al. Potencial alelopático de espécies da família Fabaceae Lindl. **revista.pgskroton.com**, n. 1, p. 65–74, 2020.

OMENA, W. E. C. et al. FRACIONAMENTO BIODIRECIONADO DA ATIVIDADE ALELOPÁTICA DA PLANTA MIMOSA TENUIFLORA E IDENTIFICAÇÃO DE SEUS COMPOSTOS FENÓLICOS. **EDUCTE: Revista Científica do Instituto Federal de Alagoas**, v. 9, n. 1, p. 1075–1086, 25 nov. 2020.

PAULY, M. et al. Hemicellulose biosynthesis. **Planta**, v. 238, n. 4, p. 627–642, 26 out. 2013.

PENNA, H. C. **Critérios de seleção de espécies arbóreas potenciais para sistemas viários na cidade global de São Paulo - SP**. Dissertação (Mestrado em Ciências) —Piracicaba: Universidade de São Paulo, 28 jan. 2022.

PENNINGTON, R. T. et al. 877. ANDIRA ANTHELMIA. **Curtis's Botanical Magazine**, v. 35, n. 2, p. 125–133, jul. 2018.

PEREIRA JÚNIOR, L. R. et al. Espécies da caatinga como alternativa para o desenvolvimento de novos fitofármacos. **SciELO Brasil**, v. 21, n. 4, p. 509–520, 2014.

PEREIRA, A. V. et al. Atividade anti-fúngica do neem e jurema-preta sobre cepas de Candida spp isolados de vacas com mastite subclínica no Estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 19, n. 4, p. 818–822, 2009.

PETTERSEN, R. C. The chemical composition of wood. Em: **THE CHEMISTRY OF SOLID WOOD**. Madison: American Chemical Society, 1984. p. 57–126.

PIRES, A.; FERNANDEZ, F. A. S.; BARROS, C. D. S. DE. Vivendo em um mundo em Pedacos: Efeitos da Fragmentação Florestal sobre comunidades e populações animais. Em: ROCHA, C. F. D. DA et al. (Eds.). **ResearchGate**. São Carlos/SP: RiMA, 2006. v. 1p. 232–260.

PUBCHEM. **Compound Summary - Leucepeonidin**. Disponível em: <<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Leucepeonidin>>. Acesso em: 16 set. 2022.

QUEIROZ, L. P. DE. **Leguminosas da Caatinga**. Feira de Santana: Universidade Estadual de Feira de Santana, 2009.

RAZAVI, S. M. Plant Coumarins as Allelopathic Agents. **International Journal of Biological Chemistry**, v. 5, n. 1, p. 86–90, 15 dez. 2010.

ROCHA, H. L. S. et al. Caracterização físico mecânica da madeira de jurema-preta (Mimosa tenuiflora) visando seu emprego na indústria moveleira. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias - Brazilian Journal of Agricultural Sciences**, v. 10, n. 2, p. 262–267, 29 jun. 2015.

RODRIGUES, M. DE F. **EFEITO GASTROPROTETOR E IMUNOMODULADOR DE Mimosa tenuiflora (Willd.) Poir (Fabaceae)**. Dissertação

(Mestrado em Ciências Farmacêuticas) —Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 27 jul. 2017.

ROWELL, R. M. et al. Cell Wall Chemistry. Em: ROWELL, R. M. (Ed.). **Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites**. Cell Wall Chemistry ed. New York: CRC Press, 2005. p. 35–74.

SALAZAR, A. A. et al. Restoration and conservation of priority areas of caatinga's semi-arid forest remnants can support connectivity within an agricultural landscape. **Land**, v. 10, n. 6, 2021.

SALUNKHE, D. K.; CHAVAN, J. K.; KADAM, S. S. **Dietary tannins: consequences and remedies**. CRC Press, 1989.

SANTOS, C. P.; REIS, I. N. DOS; MOREIRA, J. E. B; BRASILEIRO; L. B; **Papel: como se fabrica?** Sociedade brasileira de química, 5p, 2001.

SANTOS, V. N. C. **Estudo fitoquímico e bioatividade de extratos de Andira retusa (Poir.) Kunth**. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) —Manaus: Universidade Federal do Amazonas, 27 fev. 2012.

SAVAGE, G. P. SAPONINS. **Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition**, p. 5095–5098, 1 jan. 2003.

SIAU, J. F. Transport Processes in Wood. Springer Series in Wood Science. v. 2, p. 1–237, 1984.

SILVA, A. F. DA. **FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO EM LEGUMINOSAS NATIVAS DE ÁREAS COM DIFERENTES TEMPOS DE REGENERAÇÃO DA CAATINGA**. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Ciências do Solo) —Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 20 fev. 2015.

SILVA, J. M. C. DA; LEAL, I. R.; TABARELLI, M. **Caatinga: The Largest Tropical Dry Forest Region in South America**. [s.l.] Springer International Publishing, 2017. v. 1

SILVA, L. B. DA et al. Estudo comparativo da madeira de *Mimosa ophthalmocentra* Mart. ex Benth e *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. (Fabaceae-Mimosoideae) na caatinga nordestina. **Acta Botanica Brasilica**, v. 25, n. 2, p. 301–314, abr. 2011.

SILVA, V. C. DA et al. Atividade anti-helmíntica dos flavonóides isolados das raízes de *Andira anthelmia* (Leguminosae). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 18, n. 4, p. 573–576, 2008.

SILVA, V. L. **CARACTERIZAÇÃO DE LIGNINAS DE Eucalyptus spp. PELA TÉCNICA DE PIRÓLISE ASSOCIADA À CROMATOGRAFIA GASOSA E À ESPECTROMETRIA DE MASSAS**. Dissertação (Mestrado em Ciências) —Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 28 ago. 2006.

SILVA-SANTOS, A. et al. The application of essential oils and terpenics/terpenoids compounds in the fields of pharmaceutic and cosmetic through the knowledge registered in patents. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 14, p. 48–50, 2004.

SIMÕES, C. M. D. O. et al. **FARMACOGNOSIA: da planta ao medicamento**. 6. ed. Porto Alegre: UFSC, 2007. v. 6

SJÖSTRÖM, E. **Wood Chemistry - Fundamentals and Applications**. [s.l.] Elsevier, 1993. v. 2

SJÖSTRÖM, E.; WESTERMARK, U. Chemical Composition of Wood and Pulps: Basic Constituents and Their Distribution. p. 1–19, 1999.

SOUZA, L. A. G. DE. **Guia da biodiversidade de Fabaceae do Alto Rio Negro**. Amazonas: FINEP, 2012.

SOUZA, R. S. O. DE et al. Jurema-Preta (*Mimosa tenuiflora* [Willd.] Poir.): a Review of its Traditional Use, Phytochemistry and Pharmacology. **BRAZILIAN ARCHIVES OF BIOLOGY AND TECHNOLOGY**, v. 51, p. 937–947, out. 2008.

SPLABOR. **O que é um Evaporador Rotativo e como ele funciona?** Disponível em: <<https://www.splabor.com.br/blog/evaporador-rotativo-2/o-que-e-um-evaporador-rotativo-e-como-ele-funciona/>>. Acesso em: 8 ago. 2022.

TABARELLI, M. et al. Caatinga: legado, trajetória e desafios rumo à sustentabilidade. **cienciaecultura.bvs.br**, v. 70, p. 25–29, out. 2018.

TABARELLI, M.; GASCON, C. Lições da pesquisa sobre fragmentação: aperfeiçoando políticas e diretrizes de manejo para a conservação da biodiversidade. **MEGADIVERSIDADE**, v. 1, p. 181–188, jan. 2005.

TAPPI. **TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY-TAPPI. TAPPI T204: Solvent extractives of wood and pulp**. Atlanta: [s.n.]. Disponível em: <<https://www.tappi.org/content/sarg/t204.pdf>>. Acesso em: 8 ago. 2022.

UFERSA. **Jurema Preta: descrição botânica**.

UMEZAWA, T. Chemistry of Extratives. Em: HON, D. N. S.; SHIRAIISHI, N. (Eds.). **Wood and Cellulosic Chemistry, Revised, and Expanded**. 2. ed. New York: CRC Press, 2000. p. 1–928.

UNGA. **United Nations Decade on Ecosystem Restoration (2021–2030)**. New York: [s.n.]. Disponível em: <<https://undocs.org/A/RES/73/284>>. Acesso em: 27 fev. 2022.

USDA, (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE). **Forest Biorefinery**. Disponível em: <<https://www.fpl.fs.fed.us/>>. Acesso em: 1 mar. 2022.

VISHTAL, A.; KRASLAWSKI, A. Challenges in industrial applications of technical lignins. **BioResources**, v. 6, n. 3, p. 3547–3568, 7 jun. 2011.

VIZZOTTO, M.; KROLOW, A. C.; WEBER, G. E. B. Metabólitos secundários encontrados em plantas e sua importância. **Embrapa Clima Temperado**, p. 7–16, 2010.

WINA, E.; MUETZEL, S.; BECKER, K. The Impact of Saponins or Saponin-Containing Plant Materials on Ruminant Production A Review. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, n. 21, p. 8093–8105, 1 out. 2005.

WINK, M. The Role of Quinolizidine Alkaloids in Plant-Insect Interactions. Em: BERNAYS, E. A. (Ed.). **Insect-Plant Interactions**. 1. ed. [s.l.] CRC Press, 1992. p. 139–174.

WINK, M. A Short History of Alkaloids. Em: ROBERTS, M. F.; WINK, M. (Eds.). **Biochemistry, Ecology, and Medicinal Applications**. New York: Springer, 1998. p. 11–44.

YANG, X.; BERGLUND, L. A. Structural and Ecofriendly Holocellulose Materials from Wood: Microscale Fibers and Nanoscale Fibrils. **Advanced Materials**, v. 33, n. 28, p. 2001118, 1 jul. 2021.