

UFRRJ
INSTITUTO DE FLORESTAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
AMBIENTAIS E FLORESTAIS

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**Perfil Químico da Madeira de Espécies Nativas dos Biomas Mata Atlântica e
Caatinga**

2024



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
AMBIENTAIS E FLORESTAIS**

**PERFIL QUÍMICO DA MADEIRA DE ESPÉCIES NATIVAS DOS BIOMAS
MATA ATLÂNTICA E CAATINGA**

HANNA LISA LEFFEVER SIEBENEICHLER

*Sob a orientação do Professor
Dr^a. Natália Dias de Souza*

Dissertação submetida como requisito parcial
para obtenção do grau de **Mestre em
Ciências**, no Programa de Pós-Graduação em
Ciências Ambientais e Florestais, Área de
Concentração em Ciência e Tecnologia de
Produtos Florestais

Seropédica, RJ
Julho, 2024

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Leffever Siebeneichler, Hanna Lisa, 1991-
LL493p Perfil Químico da Madeira de Espécies Nativas dos
p Biomass Mata Atlântica e Caatinga / Hanna
Lisa Leffever Siebeneichler. - Rio de
Janeiro, 2024.
63 f.

Orientadora: Natália Dias de Souza.
Dissertação (Mestrado). -- Universidade
Federal Rural do Rio de Janeiro, Programa
de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e
Florestais, 2024.

1. Perfil Químico. 2. Mata Atlântica. 3. Caatinga.
4. Extrativos. 5. Fabaceae. I. Dias de
Souza, Natália, 1981-, orient. II
Universidade Federal Rural do Rio de
Janeiro. Programa de Pós-Graduação em
Ciências Ambientais e Florestais III.
Título.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E
FLORESTAIS**

HANNA LISA LEFFEVEVER SIEBENEICHLER

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, Área de Concentração em Ciência e Tecnologia de Produtos Florestais.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM: 17/07/2024

Natália Dias de Souza. Prof^a. Dr^a. UFRRJ
(Orientador)

Gilmara Pires de Moura Palermo. Prof^a. Dr^a. UFRRJ

Elias Costa de Souza Prof. Dr. UNIFESSPA



TERMO Nº 1101/2024 - PPGCAF (12.28.01.00.00.00.27)

(Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO)

(Assinado digitalmente em 29/11/2024 17:04)
GILMARA PIRES DE MOURA PALERMO
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
DeptPF (12.28.01.00.00.00.30)
Matrícula: ###334#6

(Assinado digitalmente em 29/11/2024 20:54)
NATALIA DIAS DE SOUZA
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
CoordCGEFlo (12.28.01.00.00.00.26)
Matrícula: ###728#2

(Assinado digitalmente em 29/11/2024 16:56)
ELIAS COSTA DE SOUZA
ASSINANTE EXTERNO
CPF: ####.###.074-##

Visualize o documento original em <https://sipac.ufrrj.br/documentos/> informando seu número: 1101, ano: 2024, tipo: TERMO, data de emissão: 29/11/2024 e o código de verificação: 8f0f0d4c61

DEDICATÓRIA

*À Deus.
Aos meus pais.
Ao meu marido e filho.*

AGRADECIMENTOS

À Deus por todas as alegrias proporcionadas e pela força concedida durante os momentos de atribulação, me permitindo chegar até aqui.

A meus pais, Andréa e Elias Júnior, por toda a dedicação e apoio durante toda a minha vida, por todos os valores e ensinamentos que me tornaram a pessoa que sou hoje.

À UFRRJ por me proporcionar toda a minha formação acadêmica de qualidade e gratuitamente.

Aos Professores do instituto, que contribuíram para meu crescimento pessoal compartilhando seus conhecimentos.

A minha orientadora, Natália Dias, que foi essencial para que eu realizasse esse trabalho, pelo apoio, paciência, compreensão, incentivo e por acreditar que eu iria conseguir.

Ao técnico José Carlos e aos bolsistas do laboratório, por toda ajuda, que foi essencial na realização dos experimentos.

As amigas, Carla e Ana, que mesmo distantes devido a pandemia, se fizeram presentes tornando o percurso mais leve com as nossas conversas e risadas.

Ao meu esposo, Mauro, por estar comigo em cada passo do caminho, durante a montanha-russa que foi a nossa vida no decorrer desse mestrado.

Ao meu filho, Thomas, que conseguiu nascer primeiro que essa dissertação, por existir e alegrar a minha vida com cada sorriso e nova descoberta.

A todos aqueles que de alguma maneira contribuíram para a conclusão dessa etapa, pois nada na vida se conquista sozinho.

“O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001”;

RESUMO

SIEBENEICHLER, Hanna Lisa Leffever, **Perfil Químico da Madeira de Espécies Nativas dos Biomas Mata Atlântica e Caatinga.** 63p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica - RJ, 2024.

A Mata Atlântica e a Caatinga são biomas de grande diversidade, porém que sofrem com o desmatamento e degradação ambiental, tornando importante aprofundarmos o melhor conhecimento das espécies nativas destes biomas e o que elas podem oferecer. A madeira e seus extrativos são muito utilizados comercialmente em indústrias moveleira, farmacêuticas e cosméticas, nas áreas civil, alimentícia e agronômica. A madeira como matéria-prima apresenta vantagens pelo fato de ser um material de origem renovável, biodegradável, flexível, resistente a choques, de elevado apelo estético, diferentes densidades, reduzida expansão termal e considerável resistência mecânica. Tem sido apontado a importância de estudos químicos e farmacológicos, em plantas tropicais, pela intensa produção de metabólitos secundários nas espécies desses ecossistemas, pois apesar dessas aplicações, muitos aspectos bioquímicos e moleculares dos extrativos ainda são poucos conhecidos. O conhecimento da composição química da madeira e do percentual dos seus componentes principais, permite que o seu comportamento como matéria prima para diversos fins. O intuito desta pesquisa foi realizar a caracterização química da madeira e seus extrativos, a fim de estabelecer o perfil químico das espécies nativas dos biomas da Mata Atlântica e da Caatinga. A caracterização química permitiu a obtenção dos teores percentuais de holocelulose, lignina insolúvel e extrativos total. Foram realizadas as análises de FTIR e a prospecção fitoquímica dos extrativos da madeira com o intuito de conhecer as principais classes de metabólitos secundários. A composição química das madeiras das espécies da Mata Atlântica apresentou uma média dos teores de holocelulose de 65,20% ($\pm 0,98$) a 78,75% ($\pm 2,06$), de lignina de 15,56% ($\pm 3,33$) a 23,89% ($\pm 2,75$) e de extrativos de 1,27% ($\pm 0,42$) a 2,82 ($\pm 0,93$) e as espécies da caatinga apresentou uma média de teores de holocelulose de 59,63% ($\pm 0,49$) a 71,41% ($\pm 1,10$), lignina de 16,33% ($\pm 2,42$) a 23,11% ($\pm 0,16$) e de extrativos de 3,79% ($\pm 0,17$) a 11,38% ($\pm 0,48$). A partir da análise de FTIR pode-se identificar a presença de compostos fenólicos. Através da prospecção fitoquímica constatou-se que todas as espécies estudadas do bioma da Mata Atlântica apresentaram em seus extratos hidrofílicos compostos fenólicos, flavonoides e alcaloides e todas as espécies estudadas da Caatinga apresentaram em seus extratos hidrofílicos compostos fenólicos, flavonoides, taninos, alcaloides e triterpenoides. A partir das análises realizadas pode-se concluir que o conhecimento do perfil químico das espécies da Mata Atlântica e da Caatinga tem grande relevância, pois apresentaram constituintes específicos, permitindo assim a propor um uso mais adequado das madeiras das espécies estudadas.

Palavras-chave: Perfil Químico, Mata Atlântica, Caatinga, Extrativos.

ABSTRACT

SIEBENEICHLER, Hanna Lisa Leffever, **Chemical Profile of Wood from Native Species of the Atlantic Forest and Caatinga Biomes.** 63p. Dissertation (Master's Degree in Environmental and Forestry Sciences). Institute of Forests, Federal Rural University of Rio de Janeiro, Seropédica - RJ, 2024.

The Atlantic Forest and Caatinga are biomes of great diversity, but they suffer from deforestation and environmental degradation, making it important to deepen our knowledge of the native species of these biomes and what they can offer. Wood and its extractives are widely used commercially in the furniture, pharmaceutical and cosmetic industries, and in the civil, food and agronomic sectors. Wood as a raw material has advantages since it is a renewable, biodegradable, flexible, shock-resistant material, with high aesthetic appeal, different densities, reduced thermal expansion and considerable mechanical resistance. The importance of chemical and pharmacological studies in tropical plants has been highlighted, due to the intense production of secondary metabolites in the species of these ecosystems, because despite these applications, many biochemical and molecular aspects of the extractives are still poorly understood. Knowledge of the chemical composition of wood and the percentage of its main components allows its behavior as a raw material for various purposes. The aim of this research was to perform the chemical characterization of wood and its extractives to establish the chemical profile of native species from the Atlantic Forest and Caatinga biomes. The chemical characterization allowed obtaining the percentage contents of holocellulose, insoluble lignin and total extractives. FTIR analyses and phytochemical prospecting of wood extractives were performed to identify the main classes of secondary metabolites. The chemical composition of the wood of the Atlantic Forest species presented an average holocellulose content of 65.20% (± 0.98) to 78.75% (± 2.06), lignin content of 15.56% (± 3.33) to 23.89% (± 2.75) and extractives content of 1.27% (± 0.42) to 2.82 (± 0.93) and the Caatinga species presented an average holocellulose content of 59.63% (± 0.49) to 71.41% (± 1.10), lignin content of 16.33% (± 2.42) to 23.11% (± 0.16) and extractives content of 3.79% (± 0.17) to 11.38% (± 0.48). The presence of phenolic compounds can be identified through FTIR analysis. Phytochemical prospecting revealed that all species studied from the Atlantic Forest biome presented phenolic compounds, flavonoids and alkaloids in their hydrophilic extracts, and all species studied from the Caatinga presented phenolic compounds, flavonoids, tannins, alkaloids and triterpenoids in their hydrophilic extracts. Based on the analyses performed, it can be concluded that knowledge of the chemical profile of species from the Atlantic Forest and Caatinga is highly relevant, since they presented specific constituents, thus allowing the proposal of a more appropriate use of the wood of the species studied.

Keywords: Chemical Profile, Atlantic Forest, Caatinga, Extractives.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Biomas Brasileiros	5
Figura 2. Árvore de <i>Poincianella pyramidalis</i>	6
Figura 3. Árvore de <i>Mimosa caesalpiniifolia</i>	7
Figura 4. Árvore de <i>Andira anthelmia</i>	8
Figura 5. Árvore de <i>Amburana cearensis</i>	9
Figura 6. Árvore de <i>Acacia polyphylla</i>	10
Figura 7. Árvore de <i>Pterogyne nitens</i>	11
Figura 8. Árvore de <i>Enterolobium contortisiliquum</i>	12
Figura 9. Árvore de <i>Erythrina velutina</i>	13
Figura 10. Árvore de <i>Myroxylon peruiferum</i>	14
Figura 11. Árvore de <i>Poecilanthe parviflora</i>	15
Figura 12. Árvore de <i>Mimosa tenuiflora</i>	16
Figura 13. Árvore de <i>Libidibia ferrea</i>	17
Figura 14. Polímero da Celulose	18
Figura 15. Unidades de açúcares da hemicelulose	18
Figura 16. Representação da interação das moléculas de D-glucose formando microfibras e a associação das polioses com a celulose	19
Figura 17. Álcoois precursores da lignina	20
Figura 18. Molécula de Isopreno	22
Figura 19. Exemplo de Saponina triterpênica	22
Figura 20. Exemplo de Esteroide	23
Figura 21. Estrutura básica dos compostos fenólicos (fenol)	23
Figura 22. Estrutura básica dos Flavonoides	24
Figura 23. Exemplo de Taninos condensado (A) e hidrolisável (B)	25
Figura 24. Exemplo de Alcaloide	25
Figura 25. Exemplo de Cera	26
Figura 26. Diagrama esquemático do espectrofotômetro de transformada de Fourier	27
Figura 27. Esquema ilustrativo com as médias de holocelulose, lignina e extrativos das espécies da Mata Atlântica	34
Figura 28. Espectros no FTIR dos extratos hidroalcóolicos das espécies da Mata Atlântica ..	35
Figura 29. Classe de metabólitos presente nas espécies estudadas do bioma Mata Atlântica	38
Figura 30. Esquema ilustrativo com as médias de holocelulose, lignina e extrativos das espécies da Caatinga	42
Figura 31. Espectros no FTIR dos extratos hidroalcóolicos das espécies da Caatinga	43
Figura 32. Classe de metabólitos presente nas espécies estudadas do bioma Caatinga	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Reações para identificação de antocianinas, antocianidinas e flavonóis.....	30
Tabela 2. Reações para identificação de leucoantocianidinas, catequinas e flavonas	30
Tabela 3. Resumo estatístico (média e desvio padrão) do teor de holocelulose, teor de lignina e teor de extractivos da madeira de espécies da Mata Atlântica.....	32
Tabela 4. Picos de absorção das espécies da Mata Atlântica	36
Tabela 5. Triagem fitoquímica em extrato hidrofílico das espécies da Mata Atlântica.....	36
Tabela 6. Resumo estatístico (média e desvio padrão) do teor de holocelulose, teor de lignina e teor de extractivos da madeira de espécies da Caatinga.....	39
Tabela 7. Picos de absorção das espécies da Caatinga.....	43
Tabela 8. Triagem fitoquímica em extrato hidrofílico das espécies da Caatinga.....	44

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVO GERAL.....	2
3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
4.1. Biomas	3
4.1.1. Caatinga	3
4.1.2. Mata Atlântica	4
4.2. Espécies Nativas.....	5
4.2.1. Família Fabaceae.....	5
4.2.1.1. <i>Poincianella pyramidalis</i> (Tul.) L.P.Queiroz (Catingueira - Verdadeira)	5
4.2.1.2. <i>Mimosa caesalpiniifolia</i> (Sabiá).....	6
4.2.1.3. <i>Andira anthelmia</i> (Vell.) Benth (Sajadeira)	7
4.2.1.4. <i>Amburana cearensis</i> (Cumaru)	8
4.2.1.5. <i>Acacia polyphylla</i> DC. (Monjoleiro).....	9
4.2.1.6. <i>Pterogyne nitens</i> Tul. (Amendoim-Bravo).....	10
4.2.1.7. <i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong. (Timboril)	11
4.2.1.8. <i>Erythrina velutina</i> Willd. (Mulungu)	12
4.2.1.9. <i>Myroxylon peruferum</i> L.f (Cabreúva)	13
4.2.1.10. <i>Poecilanthe parviflora</i> Bentham (Lapacho).....	14
4.2.1.11. <i>Mimosa tenuiflora</i> (Wild.) Poir (Jurema-preta)	15
4.2.1.12. <i>Libidibia ferrea</i> Mart. ex Tul (Jucá)	16
4.3. Madeira	17
4.3.1. Celulose	17
4.3.2. Hemicelulose	18
4.3.3. Lignina.....	19
4.3.4. Extrativos	20
4.3.4.1. Terpenos e terpenóides	21
4.3.4.2. Compostos fenólicos	23
4.3.4.3. Alcaloides	25
4.3.5. Espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier (FTIR).....	26
5. METODOLOGIA	27
5.1. Material De Estudo	27

5.1.1. Material Mata Atlântica	27
5.1.2. Material Caatinga	27
5.2. Análise Da Composição Química.....	28
5.2.1. Teor de Extrativos	28
5.2.2. Teor de Holocelulose	28
5.2.3. Teor de Lignina	29
5.3. Espectroscopia De Infravermelho Com Transformada De Fourier (FTIR)	29
5.4. Prospecção Fitoquímica.....	30
5.4.1. Testes para o Extrato Hidrofílico	30
5.4.1.1. Determinação de Fenóis e Taninos	30
5.4.1.2. Determinação de Antocianinas, Antocianidinas e Flavonóides	30
5.4.1.3. Determinação de Leucoantocianidinas, Catequinas e Flavonas.....	30
5.4.1.4. Determinação de Flavonóis, Flavanonas, Flavanonois e Xantonas (Teste de Shinoda)	31
5.4.1.5. Determinação de Esteróides e Triterpenóides (Teste de Lierbemann-Burchard)	31
5.4.1.6. Determinação de Saponinas	31
5.4.1.7. Determinação de Resinas	31
5.4.1.8. Determinação de Alcalóides.....	31
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
6.1. Caracterização Química	31
6.1.1. Caracterização química das espécies nativas pertencentes ao bioma da Mata Atlântica.....	31
6.1.1.1. Caracterização química dos extractivos da madeira das espécies nativas pertencentes ao bioma da Mata Atlântica	34
6.1.2. Caracterização química das espécies nativas pertencentes ao bioma da Caatinga.....	39
7. CONCLUSÃO	48
8. RECOMENDAÇÕES	48
9. BIBLIOGRAFIA.....	49

1. INTRODUÇÃO

O Brasil possui seis grandes biomas, que, juntos, possuem uma das maiores biodiversidades do planeta, abrigando 55 mil espécies catalogadas, sendo que 4 mil espécies vegetais são utilizadas com fins medicinais. Entre esses biomas encontra-se a Mata Atlântica que é a segunda maior floresta tropical úmida em extensão do Brasil, tem a segunda maior biodiversidade das Américas e o maior número de espécies por área (Zucchi *et al.*, 2013; BRASIL, 2024).

É um dos biomas mais importantes e mais ricos em biodiversidade do planeta, nela vivem milhares de espécies de plantas, sendo que algumas são endêmicas. Entretanto, é um dos mais ameaçados e muitas espécies de plantas estão em extinção devido ao desmatamento, a ocupação e atividades humanas na região, restando apenas cerca de 29% de sua cobertura original (BRASIL, 2024).

As florestas e demais ecossistemas que compõem a Mata Atlântica oferecem serviços ecossistêmicos para o 145 milhões de brasileiros que nela vivem, sendo responsáveis pela produção, regulação e abastecimento de água; regulação e equilíbrio climáticos; proteção de encostas e atenuação de desastres; fertilidade e proteção do solo; produção de alimentos, madeira, fibras, óleos e remédios; além de proporcionar paisagens cênicas e preservar um patrimônio histórico e cultural imenso (BRASIL, 2024).

Outro bioma importante é a Caatinga, conhecido por ter características únicas, tem ocupação territorial de 750 mil a 100 milhões de hectares, além de possuir grande diversidade biológica. É o único bioma totalmente dentro do território brasileiro, ocupa cerca de 11% do território do país, tem grande importância ecológica, mas, apesar disso, calcula-se que 40 mil km² do semiárido neotropical já foram transformados em quase deserto, o que é explicado pelo corte da vegetação para servir como lenha e pelo manejo inadequado do solo (BRASIL, 2024).

Esse bioma é afetado por secas extremas e períodos de estiagem, característicos do clima semiárido. Por essa razão, a vegetação precisou desenvolver mecanismos de sobrevivência em razão da pouca disponibilidade de água (Freire, 2018). De acordo com o Ministério do Meio Ambiente, cerca de 900 espécies de plantas compõem o bioma semiárido neotropical, dessas 323 são endêmicas, sendo as bromélias e cactos as mais comuns, a biodiversidade da Caatinga ampara diversas atividades econômicas voltadas para fins agrosilvopastoril e industriais, especialmente nos ramos farmacêutico, de cosméticos, químico e de alimentos.

Comumente, a Caatinga está associada ao fornecimento de recursos madeireiros e medicinais, mas demanda de uso energético da vegetação da Caatinga tem gerado modificações nas paisagens e perda de diversidade biológica por insuficiência de informações sobre o manejo das espécies. O consumo de lenha nativa, a exploração ilegal e insustentável, para fins domésticos e industriais, o sobrepastoreio e a conversão para pastagens e agricultura é responsável pelo desmatamento acelerado, que chega a 46% da área do bioma. Grande parte da população que reside na Caatinga, 27 milhões, é carente e precisa dos recursos da sua biodiversidade para sobrevivência (Freire, 2018; BRASIL, 2024).

A destruição desses biomas é um dos maiores problemas de conservação ecológica do mundo, sendo a principal causa do desmatamento a conversão das áreas florestais para cultivo de pastagens e para a expansão das áreas agrícolas, de maneira que para a preservação desses biomas é preciso conservar a vegetação existente, juntamente com sua diversidade de espécies e restaurar as áreas já degradadas. O estudo das espécies desses biomas é imprescindível para que haja a conservação de serviços ambientais, uso sustentável e bioprospecção que, se bem explorado, será decisivo para o desenvolvimento do país (Freire, 2018, BRASIL, 2024).

Dentre os estudos das espécies pode-se destacar a caracterização química, que permite quantificar os constituintes principais da madeira, que é anatomicamente definida como em

conjunto heterogêneo, composto por celulose, hemicelulose, lignina e metabólitos secundários que desempenham funções específicas na planta, como a condução de líquidos, transformação, sustentação, armazenamento e transporte de substâncias nutritivas (Appezzato-da-Glória & Carmello-Guerreiro, 2006; Botosso, 2011). 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, a madeira como matéria-prima apresenta vantagens pelo fato de ser um material de origem renovável, biodegradável, flexível, resistente a choques, de elevado apelo estético, menor densidade (se comparado a outros materiais estruturais), reduzida expansão termal e considerável resistência mecânica (Rowell, 2005; Nogueira, 2020).

O metabolismo secundário das plantas produz uma grande quantidade de moléculas que apresentam benefícios à saúde dos mamíferos (Tringali, 2012), essas moléculas são conhecidas como componentes secundários ou extrativos, representam uma pequena proporção da madeira em relação aos seus constituintes principais (celulose, hemicelulose e lignina). As pesquisas sobre os extrativos da madeira têm tido sua motivação na descoberta e na caracterização de novas estruturas químico-orgânicas, classificação taxonômica de espécies, processos de crescimento da árvore, obtenção de novos produtos e subprodutos de valor comercial, e a determinação dos problemas quando de alguns usos da madeira (Klock *et al.*, 2013).

Os extrativos ocorrem na casca, folhas e acículas, flores, frutos e sementes e quase sempre as quantidades nessas partes da árvore são proporcionalmente maiores que na madeira. São frequentemente responsáveis por determinadas características da madeira como: cor, cheiro, resistência natural ao apodrecimento, gosto e propriedades abrasivas. O seu conteúdo e composição além de variar entre espécies de madeira, também varia conforme o sítio geográfico e estação climática (Fengel & Wegener, 1984; Klock *et al.*, 2005).

Alguns extrativos são muito utilizados comercialmente em indústrias farmacêuticas e cosméticas, na forma de cremes, loções, géis e outros. Explicitando a importância de estudos químicos e farmacológicos, em plantas tropicais, pela intensa produção de metabólitos secundários nas espécies desses ecossistemas (Freire, 2018; Pereira, 2018; Castro & Figueiredo, 2019). O que nos permite observar o grande potencial de pesquisa sobre extrativos da madeira que o Brasil possui, conduzindo à caracterização e isolamento de bioativos para diferentes áreas.

As características químicas, físicas e anatômicas da madeira são bons indicadores da sua qualidade e de grande utilização em programas de melhoramento florestal (Gonçalves, 2010). O conhecimento da composição química da madeira e do percentual dos seus componentes principais, permite que o seu comportamento como matéria prima para fins de produção madeireira e energética, indústrias farmacêuticas e de papel e celulose, entre outros, seja avaliado (Nogueira, 2020).

Dessa forma ao se traçar o perfil químico da madeira, será possível indicar suas melhores aplicações em cada um desses mercados, identificando a influência de cada componente na propriedade farmacêutica das espécies, além da importância de se manter a integridade dos Biomas Mata Atlântica e Caatinga.

2. OBJETIVO GERAL

Realizar a caracterização química da madeira e de seus extrativos, a fim de estabelecer o perfil químico das espécies nativas dos biomas da Mata Atlântica e da Caatinga.

3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Quantificar os teores de extractivos, holocelulose e lignina.
- Identificar os grupos funcionais presentes nos extratos das madeiras da Mata Atlântica e da Caatinga.
- Realizar a prospecção fitoquímica para verificar as principais classes de compostos presentes nos extratos das madeiras.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1. Biomas

4.1.1. Caatinga

Segundo dados do IBGE (2019), a caatinga, compreende cerca de 10,1% do território brasileiro com seus 862.818 km². Abrange os estados do Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Pernambuco, Paraíba, Alagoas, Sergipe, Bahia e o norte de Minas Gerais, o que resulta em 54% do território do Nordeste brasileiro Figura 1) (Amancio Alves *et al.*, 2009).

A Caatinga é limitada a leste pela Mata Atlântica, a oeste pela Floresta Amazônica e ao sul pelo Cerrado (Leal *et al.*, 2005). Exclusivamente brasileiro, o bioma Caatinga é o principal ecossistema da região nordeste. A caatinga é o bioma menos conhecido do país, já que se realizaram poucas coletas no mesmo. No entanto, os dados mais atuais indicam uma grande riqueza de ambientes e espécies, tratando-se do bioma semiárido mais biodiverso do mundo (BRASIL, 2024).

Rico em biodiversidade, de acordo BFG (2021), o bioma abriga 4.963 espécies de plantas, sendo que deste total 827 espécies (17% do total de espécies que se encontram no bioma) são conhecidos o estado de conservação e 30,1% destas encontram-se sob alguma categoria de ameaça de extinção. A caatinga também abriga 178 espécies de mamíferos, 591 de aves, 177 de répteis, 79 espécies de anfíbios, 241 de peixes e 221 abelhas (BRASIL, 2024).

Por estar próxima a Linha do Equador, a Caatinga tende a ser mais quente e seco, com temperaturas médias entre 25 e 30°C, é marcada por precipitações escassas e mal distribuídas durante o ano, com longos períodos secos, que geralmente atingem 8 meses, com precipitação média de 650 mm ao ano na parte sul (BA) e período chuvoso de dezembro a julho. Na parte norte (PE), mais seca, a média é de 450 mm ao ano e o período chuvoso se dá de janeiro a abril (Tabarelli *et al.*, 2018; Freire, 2018).

Segundo Drumond *et al.* (2000) aproximadamente 50% das terras recobertas com a caatinga são de origem sedimentar, ricas em águas subterrâneas. Os rios, em sua maioria, são intermitentes e o volume de água, em geral, é limitado, sendo insuficiente para a irrigação. A altitude da região varia de 0- 600metros.

A caatinga é um tipo de formação vegetal com características bem definidas: árvores baixas e arbustos que, em geral, perdem as folhas na estação seca (espécies caducifólias), além de muitas cactáceas. A caatinga apresenta três estratos: arbóreo (8 a 12 metros), arbustivo (2 a 5 metros) e o herbáceo (abaixo de 2 metros) (Amancio Alves *et al.*, 2009).

Cerca de 27 milhões de pessoas vivem atualmente na área original da Caatinga, sendo que 80% de seus ecossistemas originais já foram alterados, principalmente por meio de queimadas e desmatamentos, grande parte da população que reside em área de caatinga é carente e precisa dos recursos da sua biodiversidade para sobrevivência. A biodiversidade da caatinga ampara diversas atividades econômicas voltadas para fins agrosilvopastoris e industriais, especialmente nos ramos farmacêutico, de cosméticos, químico e de alimentos.

Essa mesma biodiversidade apresenta um imenso potencial para a conservação de serviços ambientais e sustentável que, se bem explorados, serão decisivos para o desenvolvimento da região e do país (BRASIL, 2024).

4.1.2. Mata Atlântica

A Mata Atlântica, representa um dos cinco mais importantes “hotspots” em termos de biodiversidade do planeta (Myers *et al.*, 2000). Entretanto, é um dos mais ameaçados e muitas espécies de plantas e animais estão em extinção. De acordo com o mapa de biomas do IBGE (2019) o bioma ocupa 1,1 milhões de km² em 17 estados do território brasileiro, estendendo-se por grande parte da costa do país. O Bioma Mata Atlântica, ocupa inteiramente três estados, Espírito Santo, Rio de Janeiro e Santa Catarina e 98% do Paraná, além de porções de outras 11 unidades da federação (**Figura 1**). É definido pela vegetação florestal predominante e relevo diversificado, porém, devido à ocupação e atividades humanas na região, hoje restam cerca de 29% de sua cobertura original (FUNCATE, 2015; IBGE, 2019; BRASIL, 2024).

É formada por diversos tipos de vegetação nativa, como, as Florestas Ombrófilas, Florestas Estacionais Deciduais e Semideciduais, os Mangues, as Restingas e os Campos de Altitude (Zucchi *et al.*, 2013).

Vivem neste bioma milhares de animais e espécies de plantas, detendo mais de 20.000 espécies de plantas vasculares, das quais 8.000 são endêmicas, ou seja, ocorrem somente na Mata Atlântica, e em nenhum outro lugar do mundo. Também correm na região 68 espécies de palmeiras e 925 de bromélias, com endemismo de 64% e 70%, respectivamente (Mittermeier *et al.*, 1999; JBRJ, 2018).

Em relação à fauna, das 4.944 espécies que foram avaliadas quanto ao seu estado de conservação, 593 espécies, ou 14,66% do total, encontram-se em alguma categoria de ameaça de extinção. Em relação à flora, das 49.987 reconhecidas para a flora brasileira (nativas, cultivadas e naturalizadas), foram identificadas como de ocorrência no bioma Mata Atlântica 17.150 espécies, sendo que deste total 4.864 são conhecidos o estado de conservação e 43% destas encontram-se sob alguma categoria de ameaça de extinção (BFG, 2021; BRASIL, 2024).

Além disso, este ecossistema contribui para a preservação de rios e nascentes de sete das nove bacias hidrográficas brasileiras, para o controle do clima e é fonte de alimentos entre outros atributos (A MATA ATLÂNTICA, 2012; Santos, 2014). Além de ser uma das regiões mais ricas do mundo em biodiversidade, a Mata Atlântica fornece serviços ecossistêmicos essenciais para os 145 milhões de brasileiros que vivem nela (BRASIL, 2024).

A destruição da Mata Atlântica é um dos maiores problemas de conservação ecológica do mundo, sendo a principal causa do desmatamento a conversão das áreas florestais para cultivo de pastagens e para a expansão das áreas agrícolas, de maneira que para a preservação desse bioma é preciso conservar as florestas existentes, juntamente com sua diversidade de espécies e restaurar as áreas já degradadas (Zucchi *et al.*, 2013).

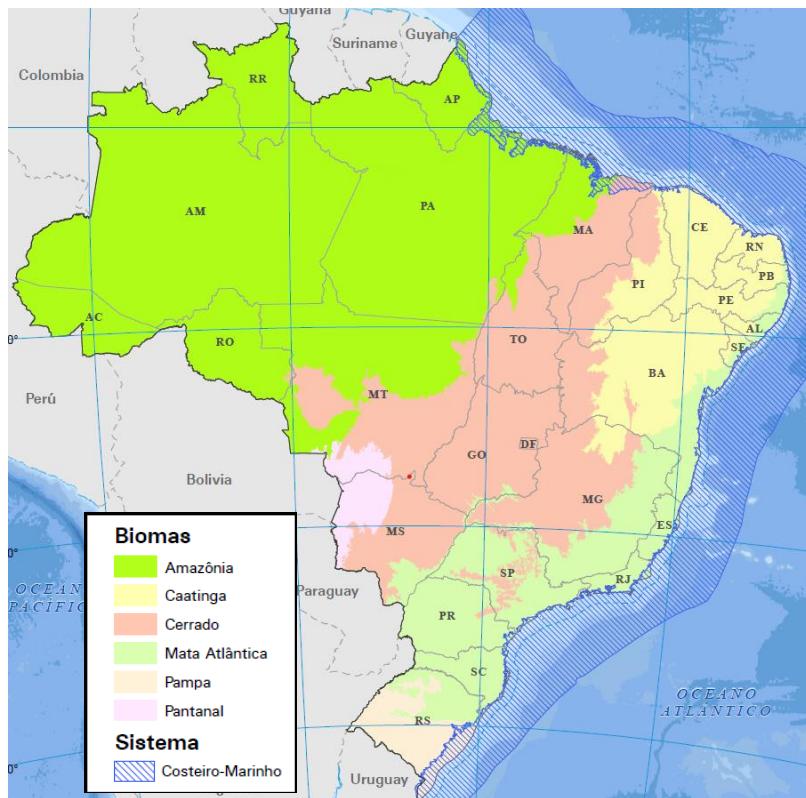


Figura 1. Biomas Brasileiros

Autor: IBGE, 2024.

4.2. Espécies Nativas

4.2.1. Família Fabaceae

A família Fabaceae, popularmente conhecida como leguminosas, é uma das maiores e mais importantes famílias botânicas, devido ao grande número de espécies vegetais utilizadas como fonte de produtos alimentares, medicinais, madeireiros e fornecedores de forragem. Compreende cerca de 19.400 espécies, divididas em 730 gêneros. No Brasil, chega a representar 54,7% das angiospermas endêmicas (Ahmad *et al.*, 2016; View, 2018). A família Fabaceae pode ser dividida em três subfamílias: Papilionoideae, Mimosoideae e a Caesalpinioideae (Chagas *et al.*, 2014; Ribeiro *et al.*, 2016; View, 2018). A subfamília Mimosoideae é a segunda mais diversa em número de espécies dentro de Fabaceae, no Brasil são relatadas cerca de 819 espécies agrupadas em 35 gêneros (Chagas *et al.*, 2014).

Loiola *et al.* (2010) destacam o uso de plantas da família Fabaceae como recurso medicinal em várias comunidades rurais da Caatinga, mencionando a utilização dessas plantas em rituais religiosos além de enfatizarem a influência desse grupo de plantas na cultura sertaneja. As espécies desta família são ricas em flavonoides, isoflavonoides, alcaloides, terpenoides e esteroides. Já os taninos têm frequência muito baixa se comparada aos flavonoides (Rocha e Silva *et al.* 2007).

4.2.1.1. *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz (Catingueira - Verdadeira)

A catingueira-verdadeira (**Figura 2**) possui esse nome por conta do odor desagradável presente em suas folhas, é uma espécie endêmica do bioma da Caatinga, e possui ampla distribuição geográfica no Nordeste brasileiro, onde é encontrada em diversos ambientes,

ocorrendo desde várzeas úmidas, alcançando até 10 metros de altura, como em áreas semiáridas, quando se reduz a arbusto com menos de 2 metros de altura (Matias *et al.*, 2017).

Classificada como pioneira, possui folhas compostas bipinadas e coriáceas, apresentando comportamento decíduo na estação seca. As primeiras folhas são rosas no início e não possuem cheiro desagradável, o que muda quando as folhas adquirem coloração verde (Maia, 2012; Carvalho, 2014).

Possui inflorescências em racemos terminais e subterminais de cor amarelada com pontuações avermelhadas na pétala central, apresentando um leve odor adocicado. Seu fruto é do tipo legume, seco, deiscente, apresentando coloração marrom-esverdeada. A madeira da *P.pyramidalis* é de alta densidade, com cerne escuro, contendo grande quantidade de celulose e lignina (Lorenzi, 2009; Maia-Silva *et al.*, 2012, Matias *et al.*, 2017).

A *P. pyramidalis* pode ser utilizada para diversos fins, medicinal (controle de febre, diurético, diarréias, tratamentos de hepatite e anemia, e tratamento de infecções catarrais), madeireiro (carvão e lenha, estacas, moirões, varas) e forrageiro (quando o período chuvoso começa, as folhas liberam o odor desagradável que afasta o gado, depois as folhas secam e caem no chão, fornecendo forragem necessária), além do potencial melífero (Matias *et al.*, 2017).

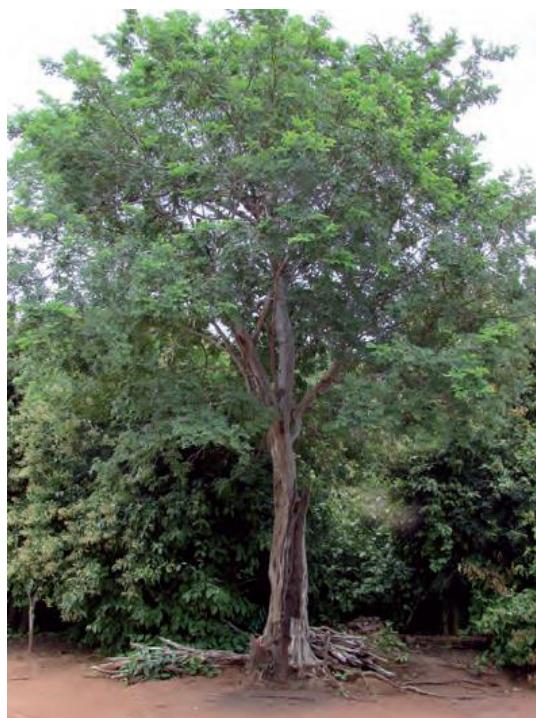


Figura 2. Árvore de *Poincianella pyramidalis*

Autor: Espécies arbóreas brasileiras

4.2.1.2. *Mimosa caesalpiniifolia* (Sabiá)

A espécie é conhecida popularmente conhecida como Sabiá (**Figura 3**), devido a cor da casca lembrar a plumagem do pássaro do gênero *Turdis*, conhecido cantor das nossas matas. Ocorre naturalmente nos estados do Rio Grande do Norte, Piauí e Ceará, em áreas de Caatinga semiúmidas (Ribaski *et al.*, 2003; Carvalho, 2007).

Classificada como pioneira, árvore de pequeno porte pode alcançar até 10 metros de altura e 30 cm de diâmetro, reduzindo-se a forma arbustiva com tronco polifurcado em áreas mais secas. Possuem acúleos que são mais presentes na planta jovem e diminuem conforme a

planta envelhece. As folhas são alternas, bipinadas com 4 a 6 pinas opostas, cada pina é constituída de 4 a 8 folíolos glabros, opostos e descolores (Ribaski *et al.*, 2003).

A inflorescência é do tipo panículas de espigas, com flores pequenas, bissexuais, brancas e suavemente perfumadas. O fruto é um craspédio articulado plano de coloração castanho. A madeira da *M.caesalpiniifolia* densa, dura, compacta e de grande durabilidade. Quando recém cortada a madeira é rosa-forte, escurecendo com o tempo até castanho-claro e vermelho-pardacento, o alburno é amarelo, mesmo em árvores novas (Carvalho, 2007).

A *M.caesalpiniifolia* tem grande uso para mourões, estacas, postes, lenha e carvão, apresenta potencial forrageiro, é usada como ornamentação, cerca viva e quebra-vento, além de servir para recuperação de áreas degradadas. As flores são melíferas e a casca tem sido usada na medicina caseira para estancar sangramentos, lavar ferimentos e como tônico no tratamento da bronquite. É uma espécie rica em extractivos polifenólicos, especialmente tanino (Ribaski *et al.*, 2003; Carvalho, 2007).



Figura 3. Árvore de *Mimosa caesalpiniifolia*

Autor: Espécies arbóreas brasileiras

4.2.1.3. *Andira anthelmia* (Vell.) Benth (Sajadeira)

Conhecida popularmente por angelim-pedra, angelim-de-morcego ou angelim-do-campo (**Figura 4**). Ocorre de forma natural nos estados do Alagoas, Bahia, Espírito Santo, Minas Gerais, Pará, Paraná, Pernambuco, Rio de Janeiro, São Paulo, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (Carvalho, 2008).

Classificada como pioneira a secundária tardia, a espécie tem porte arbóreo, com até 25 m de altura e 50 cm de diâmetro, seu tronco é levemente tortuoso e sua casca mede 10mm de espessura. De folhas alternas, com 9 a 15 folíolos. Possui inflorescência do tipo panículas terminais e axilares, com flores de coloração rosada-avermelhada. O fruto é uma drupa oblonga (Carvalho, 2008).

A madeira da *A.anthelmia* varia de moderadamente densa a densa, lustrosa, ligeiramente áspera ao tato e de aspecto fibroso, o cerne apresenta coloração bege-rosado-escuro ou róseo-queimado até castanho-avermelhado nas partes fibrosas. A madeira resiste perfeitamente ao esmagamento perpendicular à direção das fibras, porém racha e estala facilmente pela flexão (Carvalho, 2008)

A. anthelmia é própria para acabamentos internos em construção civil, corno rodapés, molduras, portas, batentes, e para usos externos, como postes, moirões e estacas. A madeira também é usada na fabricação de móveis, marcenaria e tanoaria. Pode ser usada também para arborização urbana, pois sua copa é frondosa, fornecendo sombra. Por sua rusticidade, pode ser utilizada para recuperação de áreas degradadas. As sementes são utilizadas como anti-helmíntico potente e a casca apresenta propriedades tóxicas (Carvalho, 2008).



Figura 4. Árvore de *Andira anthelmia*

Fonte: Espécies arbóreas brasileiras

4.2.1.4. *Amburana cearensis* (Cumaru)

Conhecida popularmente como Amburana, Amburana-de-cheiro, imburana-cheirosa, cumaré, cumaru, cumaru-de-cheiro, emburana, imburana e imburana-de-cheiro (**Figura 5**). Sua ocorrência é mais comum no nordeste brasileiro, sendo mais importante no bioma da Caatinga e nas florestas pluviais de Minas Gerais (Carvalho, 2003; Almeida *et al.*, 2010).

Classificada como pioneira, decídua na estação seca, tem porte arbóreo com altura entre 6 a 12 metros, possui tronco liso, de coloração castanha ou esverdeada, com grande número de lenticelas brancas sobre a casca. As folhas compostas, alternas, imparipinadas e dísticas, sua inflorescência se apresenta em espigas curtas, com flores branco-amareladas de cheiro agradável. Frutos do tipo vagem de cor escura (Pareyn *et al.*, 2018).

A madeira da *A. cearensis* é moderadamente densa, superfície irregular lustrosa, medianamente lisa ao tato, cheiro acentuado, porém agradável. Apresenta cerne bege amarelado ou rosado, uniforme, podendo apresentar mais veios escuros. A madeira apresenta baixa retratilidade e resistência mecânica, mas possui boa resistência ao ataque de fungos e insetos quando em usos internos (Pareyn *et al.*, 2018).

Seus principais usos são na indústria alimentícia, como produção de doces e biscoitos por causa do extrativo cumarina, presente na casca, lenho e semente e na produção de cachaça, produzindo barris para armazenamento da bebida; na indústria de perfumes como fixador;

fabricação de móveis, portas e janelas, esculturas, construção civil, carpintaria, além de ser utilizada na medicina popular, como tratamento para dor de barriga, tosse, gripe, e doenças respiratórias como bronquite e asma, também é utilizada como vermífugo para animais, e ainda apresenta valor forrageiro para gado. (Pareyn *et al.*, 2018).

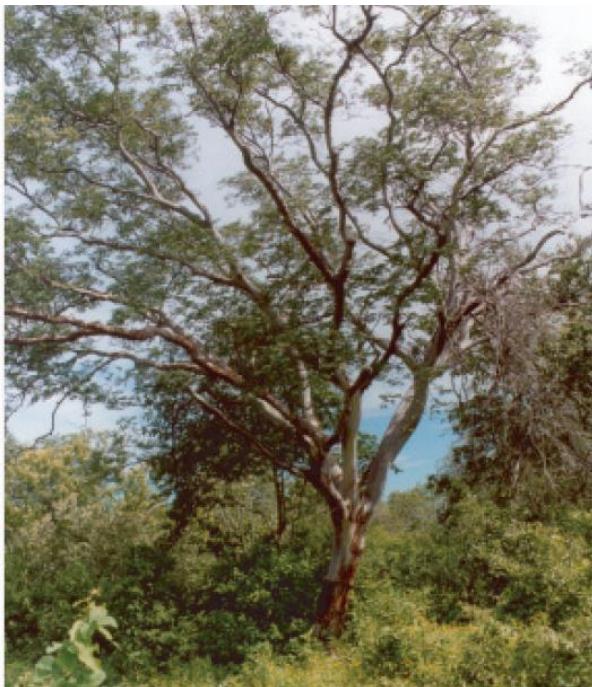


Figura 5. Árvore de *Amburana cearensis*

Autor: Espécies arbóreas brasileiras

4.2.1.5. *Acacia polyphylla* DC. (Monjoleiro)

Conhecida popularmente pelo nome de monjoleiro, espinheiro-preto ou monjolo-ferro (**Figura 6**). Ocorre naturalmente em grande parte dos estados brasileiros, encontra-se presente nos biomas da Mata Atlântica, Cerrado e Caatinga (Carvalho, 2008).

É uma espécie semidecídua a decídua, podendo atingir até 15 metros de altura e tronco reto a tortuoso, com acúleos. É classificada secundária inicial ou clímax exigente em luz. Suas folhas são compostas, bipinadas e paripinadas, apresentando 24 a 34 pares de folíolos de lâmina foliar linear. A inflorescência é em formato de espiga capituliformes medindo de 10 a 20 cm com flores pequenas, sésseis, de coloração creme a branca e perfumadas. O fruto é um legume oblongo, coriáceo e achatado de coloração castanha (Carvalho, 2008).

A madeira de *A.polyphylla* é moderadamente densa, textura média, sem brilho, cheiro imperceptível e a coloração do alburno e do cerne é branca com listras vermelho-claras. A madeira é fácil de serrar e cepilar (Carvalho, 2008).

Seu aproveitamento é bem amplo, sendo a parte madeireira utilizada em marcenaria, torno e obras internas, as flores são melíferas, é utilizada na arborização urbana devido a sua floração ornamental. Como função ecossistêmica vale ressaltar sua grande importância em programas de reflorestamento misto, destinados ao plantio para recuperação de áreas de preservação permanente, manejo de fragmentos florestais e projetos paisagísticos em função de sua rusticidade e crescimento rápido. Além de apresentar aplicação medicinal, na casca e no lenho foram encontrados antraderivados, esteróides, tritepenóides e cumarina, a sua resina é empregada contra tosse (Lorenzi, 2009; Carvalho, 2008).



Figura 6. Árvore de *Acacia polyphylla*

Fonte: Viveiro ipê

4.2.1.6. *Pterogyne nitens* Tul. (Amendoim-Bravo)

Conhecida como amendoim, amendoim-bravo, madeira nova e pau amendoim (Figura 7). Ocorre naturalmente do Ceará ao Rio Grande do Sul. A espécie é secundária inicial, comportando-se como pioneira em sítios arenosos e degradados (Carvalho, 2003).

A espécie é arbórea semicaducifólia com a 10 a 15m de altura, podendo atingir até 35m de altura na idade adulta. As folhas são imparipinadas compostas de 8 a 20 folíolos de consistência subcoriácea. As flores são hermafroditas, de coloração amarela-clara, e os frutos são de coloração pardo-avermelhada a marrom-clara em formato de sâmaras falciformes (Carvalho, 2003).

A madeira de *P.nitens* é moderadamente densa, brilhante e irregular, cheiro pouco perceptível, com odor de amendoim cru e gosto ligeiramente amargo. A coloração do cerne é bege-claro e levemente amarelado, enquanto o alburno apresenta coloração bege-rosado-escuro ou castanho-claro. A madeira apresenta resistência moderada ao apodrecimento, porém estacas do cerne mostraram-se altamente resistentes a fungo e ao cupim (Carvalho, 2003).

Seus principais usos são na construção civil, como vigas, caibros, ripas, forros esquadriarias; na fabricação de móveis finos, carpintaria, decorações internas, revestimentos decorativos, chapas e lâminas ornamentais, postes, mourões e estacas. Sua madeira é muito utilizada na fabricação de tonéis, barris, corotes e tanques para bebidas e produtos ácidos. Além de ser recomendada para plantios em vias urbanas, arborização de margens de rodovias e reposição de matas ciliares em locais com inundações periódicas de rápida duração e recomposição e restauração de áreas degradadas (Carvalho, 2003).



Figura 7. Árvore de *Pterogyne nitens*

Autor: APNE/CNIP

4.2.1.7. *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. (Timboril)

E. contortisiliquum, conhecido como Tamboril-da-mata, timburi, timbaúva, orelha-de-negro, árvore-das-patacas, orelha-de-onça, timboúva e timbuva (**Figura 8**). Ocorre naturalmente nas regiões Nordeste, Sudeste, Centro-Oeste e Sul do Brasil (Carvalho, 2003).

Árvore caducifólia, com 10 a 20 m de altura, podendo chegar até 40 m na região Centro-Sul. As folhas são bipinadas, alternas, com 3 a 7 pares de folíolos. As flores são hermafroditas e de coloração branca. Os frutos são legumes bacóides, indeiscentes de coloração preta quando maduros (Carvalho, 2003).

A madeira da *E. contortisiliquum* é leve, ligeiramente áspera ao tato e bastante lustrosa. O alburno apresenta cor branca, levemente amarelada, enquanto o cerne é róseo-pardacento. Apresenta resistência moderada ao ataque de organismos xilófagos (Carvalho, 2003).

A espécie é indicada para construções navais e civis, sendo muito procurada para esquadrias, tabuado, ripado, portas, venezianas, assoalhos, chapas compensadas e canoas de tronco inteiro. Tem grande potencial forrageiro, a exceção da fava, que é considerada tóxica ao gado. A casca apresenta grande quantidade de tanino e saponina. Suas sementes possuem ação citolítica e inflamatória, além de apresentar toxidez para larvar de *C. maculatus* (Coleóptera). Recomenda-se seu plantio para restauração de mata ciliar e na recuperação de áreas de fertilidade química baixa (Carvalho, 2003).



Figura 8.Árvore de *Enterolobium contortisiliquum*

Fonte: Sítio da Mata

4.2.1.8. *Erythrina velutina* Willd. (Mulungu)

Popularmente conhecida como mulungu, mulungá e mulungu-da-flor-vermelha (**Figura 9**). Sua ocorrência natural está restrita aos estados do Nordeste e Sudeste (Carvalho, 2008).

É classificada como pioneira, é uma árvore aculeada ou espinhenta e decídua, que mede até 15 metros de altura. As folhas são compostas, pecioladas e trifoliadas. Perde todas as folhas na época da floração cobrindo-se de inflorescências de cor entre o laranja e o vermelho. O fruto é curvo, de ápices e bases agudas, com coloração marrom (Carvalho, 2008).

A madeira da *E.veluntina* é muito leve, apresenta coloração esbranquiçada, sendo porosa, mole e de baixa durabilidade natural (Carvalho, 2008).

É uma espécie que apresenta diferentes utilizações, suas flores são comestíveis e utilizadas como corantes, as sementes são ornamentais, sendo utilizadas para confeccionar colares, pulseiras e brincos, a casca apresenta propriedade tanínica e produz uma tintura amarela. A madeira é utilizada por sertanejos para fabricação de cavaletes, boias, balsas e pau-de-jangada durante as cheias. A casca e o fruto dessa espécie são empregados na medicina popular, como calmante de tosses e bronquites, sedativo, anestésico local, no tratamento de hemorroidas e verminoses, e como curativo na picada de lacraia ou de escorpião. A casca e a semente contêm o alcaloide eritrina, que possui ação poderosa nos nervos, causando paralisia, além de possuir ação hipnótica e narcótica (Carvalho, 2008).



Figura 9. Árvore de *Erythrina velutina*

Autor: Espécies arbóreas brasileiras

4.2.1.9. *Myroxylon peruiferum* L.f (Cabreúva)

M. peruiferum popularmente conhecida como cabreúva-vermelha, bálsamo, pau-de-incenso, caborerba-vermelha, caboriba, pau-de-bálsamo, pau-vermelho, bálsamo-caboriba, cabreúva, óleo-vermelho, óleo-cabreúva, sangue-de-gato e quina-quina (**Figura 10**). Ocorre naturalmente em estados do Centro-Oeste, Nordeste, Sudeste e Sul (Carvalho, 2006).

É uma árvore decídua com dimensões de até 35m. Folhas, frutos, sementes, casca e lenho possuem óleo-resina aromáticos. As folhas são compostas, alternas e imparipinadas, com 10 a 14 folíolos. As inflorescências são corimbiforme terminal ou axial, com flores sésseis de coloração amarelo-brancas. O fruto é seco, indeiscente, alado e amarelo-pardacento (Carvalho, 2006).

A madeira de *M.peruiferum* é densa, lustrosa, com cheiro balsâmico característico e gosto levemente adstringente. O cerne apresenta coloração castanha até castanho-avermelhado com veios escuros. Tem alta resistência ao apodrecimento (Carvalho, 2006).

É empregada na construção civil e naval, principalmente em obras internas de alto padrão, em confecções de móveis de luxo, objetos decorativos, dormentes, vigas, instrumentos musicais, toneis, produz lenha de boa qualidade e tem potencial apícola. O óleo-resina, conhecido por bálsamo-do-peru, exsudado pelo tronco é utilizado na fitoterapia popular, contra afecções respiratórias, bronquites crônicas e reumatismo, além de ser usada como cicatrizante e antimicótico, é também utilizada na indústria de perfumes e cosméticos (Carvalho, 2006).

As sementes são utilizadas regionalmente como condimento de aguardente. As sementes dessa espécie são ricas em cumarina, uma substância com reconhecida atividade anticoagulante e vasodilatadora (Gottlieb, 1981).



Figura 10. Árvore de *Myroxylon peruiferum*

Fonte: Espécies Arbóreas Brasileiras

4.2.1.10. *Poecilanthe parviflora* Bentham (Lapacho)

A *P. parviflora* popularmente conhecido como coração de negro e lapacho (**Figura 11**). Sua ocorrência natural está restrita aos estados da região Sul e São Paulo (Carvalho, 2003).

Espécie secundária tardia ou clímax exigente em luz, com altura de 4 a 10 metros, podendo atingir até 25 metros na idade adulta. Folhas são compostas, com 3 a 7 pares de folíolos. Flores amarelas ou amareladas, com manchas ou linhas roxas. O fruto é um legume orbicular de coloração castanho-pardo (Carvalho, 2003).

Madeira da *P.parviflora* é densa, textura fina, lisa ao tato, de pouco brilho e cheiro característico. A cor do alburno é amarelo-pardacento e o cerne apresenta coloração bege amarelo-pardacento, as vezes com nuances róseas. É resistente ao apodrecimento e ao ataque de cupins de madeira seca (Carvalho, 2003).

A madeira é indicada para fabricação de móveis, peças torneadas, painéis decorativos, carpintaria e construção civil, para uso externo, como poste, cruzetas, dormentes, mourões e cercas. Outra característica da utilização desta espécie é o fator energético, produzindo uma lenha de ótima qualidade. O tronco fornece o óleo essencial norolisol e da casca extrai-se uma resina esbranquiçada. Possui características específicas para uso em recuperação de ecossistemas degradados, pode ser recomendado com sucesso no paisagismo, particularmente útil para arborização de ruas e avenidas (Carvalho, 2003).

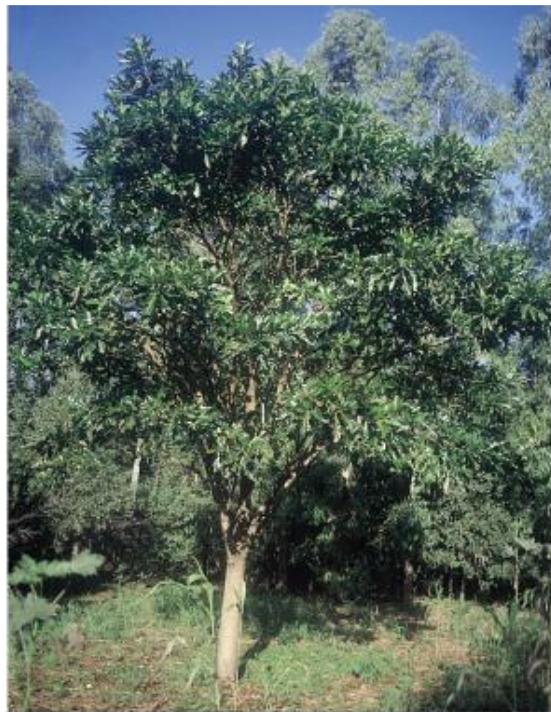


Figura 11. Árvore de *Poecilanthe parviflora*

Fonte: Espécies Arbóreas Brasileiras

4.2.1.11. *Mimosa tenuiflora* (Wild.) Poir (Jurema-preta)

Popularmente conhecida como calumbi, espinheiro-preto e jurema-preta (**Figura 12**). Ocorre naturalmente na região nordeste, em algumas áreas da Caatinga devido as contantes alterações é quase que a única espécie presente (Carvalho, 2010).

É uma espécie pioneira, arbórea, de comportamento semidecíduo, pode atingir até 7 metros de altura na fase adulta. As folhas são compostas, alternas e bipinadas, cada pina contém de 15 a 33 folíolos. As inflorescências se apresentam como espigas isoladas, com flores brancas, pequenas e com cheiro característico. O fruto é uma vagem pequena, com a casca muito fina e quebradiça quando maduro (Carvalho, 2010).

A madeira da *M.tenuiflora* é muito densa e resistente, sendo empregada em obras externas como mourões, estacas, pontes, peças de resistência e em pequenas construções. É indicada para lenha e produção de carvão vegetal (Carvalho, 2008).

É muito importante para a produção de mel no Ceará, além de ser utilizada na alimentação de bovinos e caprinos. A *M.tenuiflora* tem utilização paisagística, devido as suas características ornamentais, principalmente pela forma entouceirada que geralmente apresenta. A espécie apresenta propriedades antimicrobianas e analgésicas, o pó da casca é muito eficiente no tratamento de queimaduras e de acne (Carvalho, 2008).



Figura 12. Árvore de *Mimosa tenuiflora*

Fonte: Espécies Arbóreas Brasileiras

4.2.1.12. *Libidibia ferrea* Mart. ex Tul (Jucá)

Popularmente conhecida como jucá e pau-ferro (**Figura 13**), se encontra amplamente distribuída na região nordeste do Brasil, além dos estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro (Carvalho, 2010). É espécie pioneira.

É uma espécie arbórea perenifólia, que pode ter uma altura que varia entre 6 e 10 metros. Suas folhas são compostas de 2 a 4 pinas, cada uma provida de 4 a 6 pares de folófolos. As inflorescências ocorrem em panículas terminais com flores pequenas, amareladas e perfumadas. Os frutos são uma vagem castanho-escuro, achatado e encurvado (Carvalho, 2010).

A madeira da *L. ferrea* é muito densa, irregularmente lustrosa e lisa ao tato. A coloração do cerne varia de roxo ou castanho a vermelho-escuro com manchas amareladas. A madeira dessa espécie é considerada excelente para a produção de álcool, coque e carvão.

A espécie tem potencial forrageiro e apícola. É bastante utilizada na medicina popular devido suas propriedades anti-inflamatórias, analgésicas, antitumoral, anti-helmíntica, antibacteriana, antidiabética, expectorante e cicatrizantes. A presença de taninos, flavonoides, e alcaloides podem explicar tais efeitos (Carvalho, 2010).

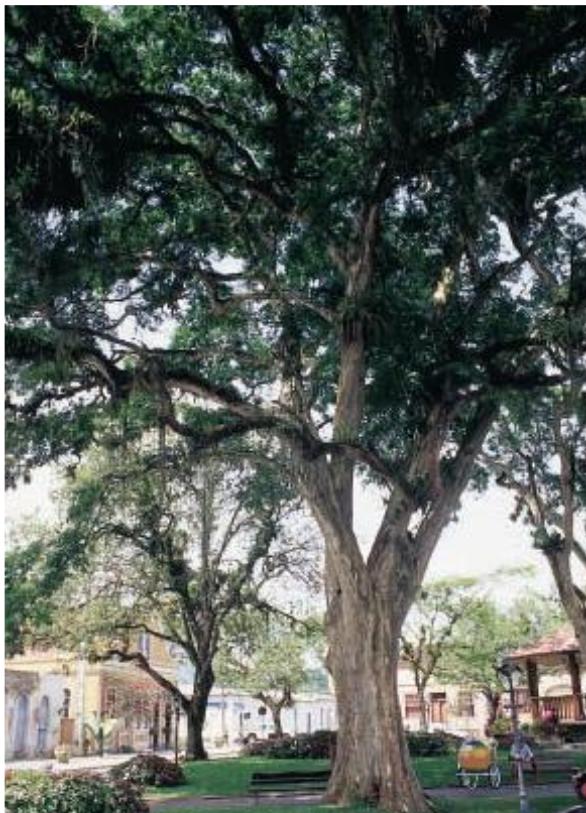


Figura 13. Árvore de *Libidibia ferrea*

Fonte: Espécies Arbóreas Brasileiras

4.3. Madeira

A madeira é um material orgânico e seus constituintes químicos estão relacionados com suas propriedades. O conhecimento de sua composição química é importante para definição do uso deste material (Severo *et al.*, 2010).

A composição química da madeira é formada por componentes macromoleculares, celulose, lignina e polioses (hemiceluloses), que fazem parte da parede estrutural da madeira e componentes secundários (extrativos) que não fazem parte da formação da parede celular ou lamela média (Klock *et al.*, 2013).

4.3.1. Celulose

Entre os componentes fundamentais a celulose é o componente majoritário, perfazendo, aproximadamente, a 40 a 50 % da composição química das madeiras, tanto de coníferas, como de folhosas. É constituída por unidades repetitivas de D-glucose ($C_6H_{12}O_6$) unidas por ligações glicosídicas β -1,4 (Figura 14). Possui estrutura cristalina e não ramificada devido ao seu alto grau de polimerização, onde cada unidade repetida contém grupos hidroxila conferindo a celulose um alto caráter hidrofílico, formando fortes ligações entre as cadeias (pontes de hidrogênio) (Oliveira, 2003; Klock *et al.*, 2013; Poletto, 2014).

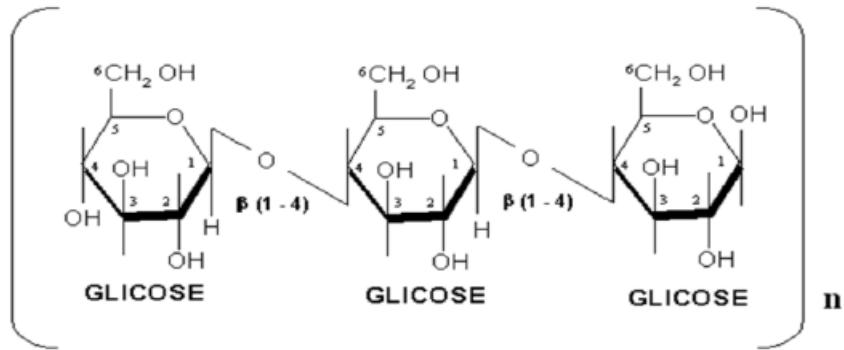


Figura 14. Polímero da Celulose.

Fonte: OLIVEIRA, 2011.

Feixes de moléculas de celulose se agregam na forma de microfibrilas na qual regiões cristalinas se alternam com regiões amorfas. Devido a menor ordenação das cadeias, as regiões amorfas são mais susceptíveis à ação química e enzimática quando comparada com as regiões cristalinas (Poletto, 2014; Scopel, 2019). As microfibrilas constroem fibrilas e estas constroem as fibras celulósicas (**Figura 16**), devido a esta estrutura fibrosa, a celulose possui alta resistência a tração e é insolúvel na maioria dos solventes orgânicos, água, ácidos e álcalis diluídos em temperatura ambiente (Klock *et al.*, 2013).

Devido a suas propriedades químicas e físicas, bem como à sua estrutura supramolecular, a celulose preenche sua função como o principal componente da parede celular dos vegetais (Klock *et al.*, 2005).

4.3.2. Hemicelulose

A hemicelulose é um polissacarídeo formado pela união de hexoses e pentoses, constituindo cerca de um terço da biomassa da parede celular. As unidades monossacarídicas constitutivas das hemiceluloses compreendem: D-xilose, D-manoze, D-galactose, D-glucose, L-arabinose, ácido 4-O-metilglucurônico, ácido D-galacturônico e ácido D-glucurônico, sendo que, eventualmente, apresentam grupamentos O-acetyl ligados às unidades pertencentes às cadeias principais e/ou laterais (Figura 15). Algumas polioses contêm, adicionalmente, ácidos urônicos (Fengel & Wegner, 1989; Pauly *et al.*, 2013).

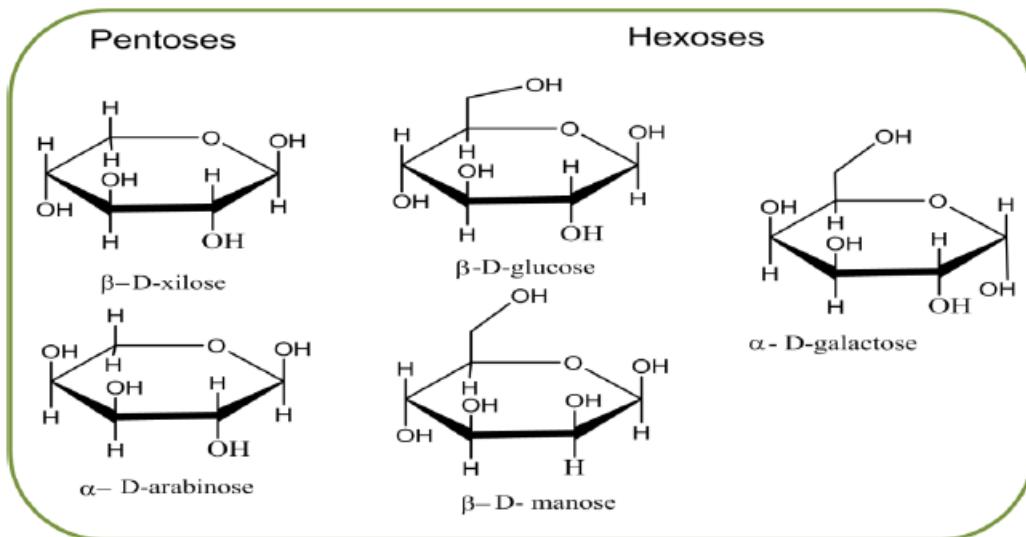


Figura 15. Unidades de açúcares da hemicelulose

Fonte: OLIVEIRA, 2011.

Já as polioses (hemiceluloses) estão em estreita associação com a celulose na parede celular (**Figura 16**) e frequentemente são constituídas de açúcares e ácidos em proporções variadas. As folhosas, de maneira geral, contêm maior teor de polioses que as coníferas, e a composição é diferenciada (Klock *et al.*, 2013).

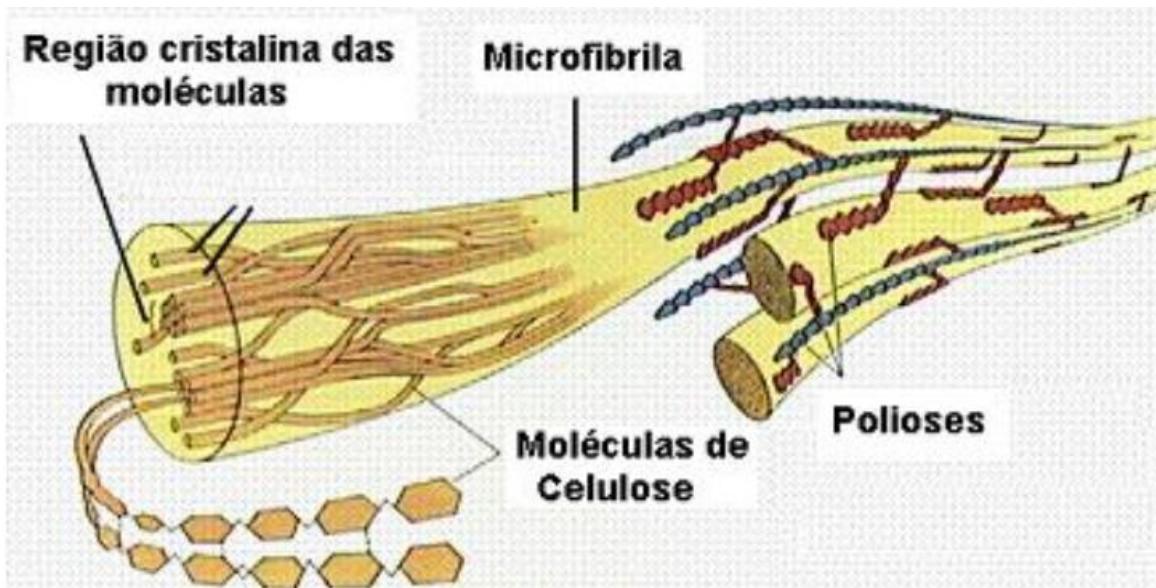


Figura 16. Representação da interação das moléculas de D-glucose formando microfibrilas e a associação das polioses com a celulose

Fonte: Klock *et al.*, 2013.

As hemiceluloses se diferenciam das celuloses em vários aspectos, pois possuem diferentes unidades de açúcar ligadas entre si, enquanto a celulose possui apenas glicose, é um polímero que só possui regiões amorfas, é solúvel em álcali, não forma fibras e seu grau de polimerização é inferior ao da celulose, podendo existir grupos laterais e ramificações em alguns casos (Klock *et al.*, 2013).

4.3.3. Lignina

A lignina é a terceira substância macromolecular componente da madeira, ocorrendo entre 15 e 35 % de seu peso, é a fração não-carboidrato da madeira livre de extrativos, extremamente complexa e difícil de caracterizar. É um biopolímero complexo, com estrutura de natureza aromática e alto peso molecular. É composta por várias combinações de três tipos de resíduos: a lignina guaiacila (G), siringila (S) e p-hidroxifenila (H) (Fengel & Wegener, 1989; Klock *et al.*, 2013). É originada a partir da oxidação desidrogenerativa de três álcoois p-hidróxi-cinamílicos: álcool cumarílico, álcool coniferil e álcool sinapílico (**Figura 17**).

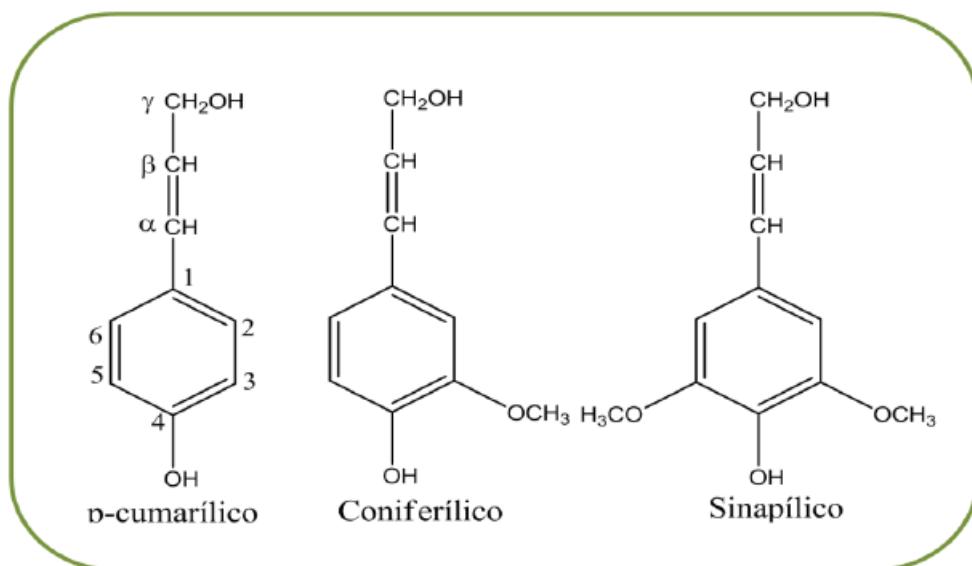


Figura 17. Álcoois precursores da lignina

Fonte: OLIVEIRA, 2011

Do ponto de vista morfológico a lignina é uma substância amorfa localizada na lamela média, onde sua concentração é alta (pelo menos 70%), bem como na parede secundária, onde sua concentração é baixa (entre 55 e 88%). Durante o desenvolvimento das células, a lignina é incorporada como o último componente na parede, interpenetrando as fibrilas e assim fortalecendo, enrijecendo as paredes celulares (Klock *et al.*, 2013). A estrutura e a composição final da lignina na parede celular variam de planta para planta e dentro da própria espécie, as ligninas de madeiras coníferas, folhosas e gramíneas possuem estruturas básicas muito diferentes entre elas, havendo maior teor de lignina em coníferas do que em folhosas (Klock *et al.*, 2013; Scopel, 2019).

Em contraste com a celulose, que é formada por todas as plantas, a formação da lignina só ocorre em plantas vasculares que desenvolvem tecidos especializados em funções como o transporte de soluções aquosas e suporte mecânico (Klock *et al.*, 2013).

A lignina atua como um agente selante e reforço estrutural, na defesa contra micro-organismos, proteção ultravioleta, é altamente resistente à degradação química e bioquímica, sendo também responsável pela resistência mecânica e elasticidade da madeira (Klock *et al.*, 2013; Cavinato, 2018; Scopel, 2019).

4.3.4. Extrativos

Os extrativos, são solúveis em solventes orgânicos ou água, abrangendo uma extraordinária diversidade de compostos. Suas proporções variam amplamente e determinados componentes são encontrados em quantidade significativa somente algumas espécies ou gêneros. Assim as madeiras podem ser caracterizadas pela natureza e quantidade de seus extrativos. Os extrativos ocorrem na casca, folhas e acículas, flores, frutos e sementes e quase sempre as quantidades nessas partes da árvore são proporcionalmente maiores que na madeira (Klock *et al.*, 2013).

Os extrativos são frequentemente responsáveis por determinadas características da madeira como: cor, cheiro, resistência natural ao apodrecimento, gosto e propriedades abrasivas. A composição e a quantidade relativa desses extrativos variam entre as espécies de madeiras, o sítio geográfico, idade e a estação climática (Fengel & Wegener, 1984; Klock *et al.*, 2013).

Os extrativos têm sido classificados em vários grupos, com base principalmente nas suas características estruturais, nas suas propriedades físicas, quanto a sua solubilidade, e ainda de acordo com a família ou gênero botânico. Eles têm funções ecológicas importantes nos vegetais, protegendo as plantas contra herbívoros e contra infecção por microrganismos patogênicos, agindo como atrativos para animais polinizadores e dispersores de sementes, atuando como agentes na competição planta-planta e nas simbioses plantas-organismos (Fengel & Wegener, 1984).

As pesquisas sobre os extrativos da madeira têm tido sua motivação na descoberta e na caracterização de novas estruturas químico-orgânicas, classificação taxonômica de espécies, processos de crescimento da árvore, obtenção de novos produtos e subprodutos de valor comercial, e a determinação dos problemas quando de alguns usos da madeira. (Klock *et al.*, 2013).

A fim de identificar as possíveis classes dos extrativos, deve-se analisar fitoquimicamente os extratos quanto à presença dos grupos ou classes de metabólitos mais relevantes, o que compreende as etapas de isolamento, elucidação estrutural e identificação. Para a identificação de substâncias, podem-se realizar reações de caracterização diretamente sobre o tecido do material vegetal. Nos tecidos lenhosos, como na madeira, deve-se primeiro extraír as substâncias (extrativos) com um solvente adequado, para então caracterizá-las (Barbosa, 2013).

Considerando-se a composição química, em geral, os extrativos podem ser divididos em quatro grupos: Terpenos e terpenoides, compostos alifáticos (principalmente graxas e ceras), alcaloides e compostos fenólicos (Klock *et al.*, 2013). Outras substâncias encontradas nos extrativo da madeira são os carboidratos, glicosídeos e compostos nitrogenados (Fengel & Wegener, 1984).

As substâncias ou compostos químicos que ocorrem com bastante frequência nos vegetais lenhosos, como na madeira, são fenóis, flavonoides, alcaloides e derivados, terpenos, compostos cianogênicos, quinonas e outros. Muitas dessas substâncias são utilizadas como drogas medicinais, venenos, aromatizantes e materiais industriais (Fengel & Wegener, 1984; Santos, 2003; Taiz & Zeiger, 2009).

4.3.4.1. Terpenos e terpenoides

Os terpenos são substâncias derivadas da condensação de duas ou mais moléculas de isopropeno (2-metilbutadieno), incluem compostos cíclicos e acíclicos constituindo a maior classe de componentes secundários (**Figura 18**). Os terpenos são classificados pelo número de unidades de isopreno em monoterpenos (2 unidades), sesquiterpenos (3 unidades), diterpenos (4 unidades) e triterpenos (6 unidades). Os terpenoides incluem os poliprenos que contém grupos característicos de vários tipos, como hidroxilos, carbonilos, carboxilos e ésteres (Taiz & Zeiger, 2009; Klock *et al.*, 2013).

Alguns terpenos têm função bem caracterizada no desenvolvimento ou crescimento vegetal, por exemplo as giberelinas, um importante grupo de hormônios vegetais, são diterpenos. Muitas espécies possuem misturas de monoterpenos e sesquiterpenos voláteis, chamados óleos essenciais, os diterpenos e seus derivados estão presentes na resina de madeiras de coníferas e os triterpenoides são encontrados na resina do parênquima da madeira de folhosas (Taiz & Zeiger, 2009; Klock *et al.*, 2013).



Figura 18. Molécula de Isopreno

Fonte: KLOCK, 2005.

Os terpenos são toxinas e inibidores de forrageio para muitos insetos e mamíferos herbívoros, exercendo importantes funções de defesa no reino vegetal. Entre suas propriedades destacam-se ações ansiolítica, antinociceptiva e sedativa, antitumoral, antimicrobiana, antiviral, antiidiurética e anti-inflamatória (Neves, 2015).

As saponinas também chamadas saponosídeos, formam um grupo particular de heterosídeos derivados dos triterpenos tetracíclicos, são assim chamadas em decorrência de sua ação detergente e emulsificante. São consideradas como tensoativos naturais, ou seja, possuem a capacidade de diminuir a tensão superficial de uma solução aquosa, assemelhando-se a um detergente (Taiz & Zeiger, 2009; Oliveira, 2011).

A classificação das saponinas geralmente é feita de acordo com o núcleo fundamental aglicona, podendo ser denominadas saponinas esteroidais ou triterpênicas (**Figura 19**) (Santos, 2003).

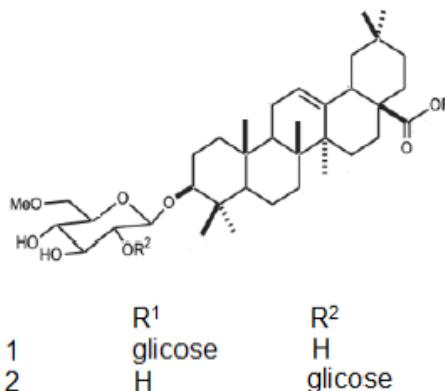


Figura 19. Exemplo de Saponina triterpênica

Fonte: OLIVEIRA, 2011.

As saponinas, apesar de muito usadas na indústria farmacêutica como antifúngicos, espermicina e anti-inflamatórios, apresentam propriedades tóxicas aos seres humanos, acredita-se que sua toxicidade se deve a sua capacidade de formar complexos com os esteroides, podendo interferir na absorção de tais compostos pelo sistema digestório ou desorganizar membranas celulares após entrar na corrente sanguínea (Taiz & Zeiger, 2009).

Os esteroides são derivados cíclicos do isopreno, compostos complexos que possuem anéis de 5 a 6 átomos de carbono (**Figura 20**). Formam uma importante classe de compostos medicinais, à qual pertencem os hormônios, certas saponinas e alguns alcalóides (Klock *et al.*, 2013).

O esteroide mais comum na madeira é o β -sitosterol, que aparece na forma livre ou ligado a um açúcar, formando um glicosídeo. Estudos mostram que compostos desta classe apresentam atividade citotóxica, antitumoral, antiviral, antimarial, antioxidante e anti-inflamatória (Oliveira, 2011; Gomathi & Maneemegalai, 2024).

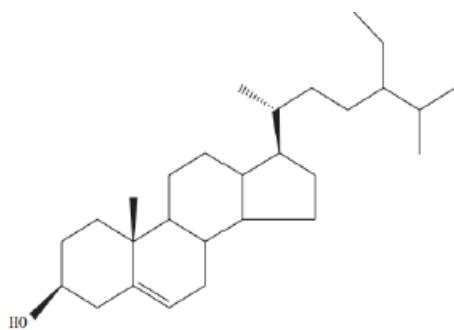


Figura 20. Exemplo de Esteroide

Fonte: OLIVEIRA, 2011.

4.3.4.2. Compostos fenólicos

Os compostos fenólicos são compostos secundários amplamente encontrados no reino vegetal, com aproximadamente 10.000 compostos, alguns são solúveis apenas em solventes orgânicos, outros são ácidos carboxílicos e glicosídeos solúveis em água, e aqueles que são grandes polímeros insolúveis. São substâncias que se caracterizam por possuírem anel aromático em sua estrutura, com uma ou mais hidroxilas, sendo denominados por fenólicos quando possuem apenas um anel aromático e por polifenólicos quando possuem mais do que um anel aromático (**Figura 21**) (Taiz & Zeiger, 2009; Neves, 2015).

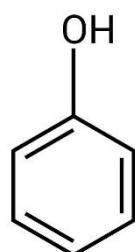


Figura 21. Estrutura básica dos compostos fenólicos (fenol)

Fonte: OLIVEIRA, 2011

Os extrativos contêm muitos compostos fenólicos, alguns deles, resíduos e subprodutos da biossíntese da lignina, sendo, portanto, compostos heterogêneos. Taninos, estilbenos, lignanas, flavonoides, e quinonas, compõe algumas das classes das substâncias aromáticas (fenóis) encontradas na madeira (Klock *et al.*, 2013).

Os flavonoides constituem uma importante classe de polifenóis, presentes em relativa abundância entre os metabólitos secundários de vegetais, o esqueleto básico de carbono dos flavonoides contém 15 carbonos organizados em dois anéis aromáticos conectados por uma ponte de três carbonos (**Figura 22**) (Taiz & Zeiger, 2009). Atualmente mais de 6000 diferentes flavonoides foram descritos, sendo suas maiores classes os flavonóis, flavonas, flavanonas, catequinas, antocianinas, antocianidinas, proantocianidinas (taninos condensados), isoflavonas, diidroflavonóis, leucoantocianidinas e chalconas. Os flavonoides e isoflavonoides compreendem uma classe de fitoquímicos que não podem ser sintetizados por humanos, ocorrendo somente através da ingestão dietética (Machado *et al.*, 2008; Neves, 2015).

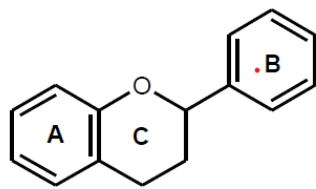


Figura 22. Estrutura básica dos Flavonoides

Fonte: NEVES, 2015.

Os flavonoides estão presentes em todas as partes das plantas incluindo folhas, raízes, madeira, cascas, pólen, néctar, flores, bagos e sementes (Oliveira, 2011) e sua presença nos vegetais está relacionada à proteção dos vegetais contra a incidência de raios ultravioleta e visível, proteção contra insetos, fungos, vírus e bactérias; atração de animais com finalidade de polinização; antioxidantes; controle da ação de hormônios vegetais; agentes alelopáticos e inibidores de enzima (Harborne, 1989; Harborne & Willians, 2000).

O interesse econômico dos flavonoides é decorrente de suas diferentes propriedades, por exemplo, efeitos antimicrobiano, antiviral, antiulcerogênico, citotóxico, antineoplásico, antioxidante, antihepatotóxico, anti-hipertensivo, hipolipidêmico, anti-inflamatório, antiplaquetário. Também demonstrou aumento na permeabilidade capilar, inibição da exsudação proteica e migração de leucócitos (Machado *et al.*, 2008).

Os taninos são compostos polifenólicos naturais, redutores e, portanto, oxidam-se com facilidade, tanto através de enzimas vegetais específicas quanto por influência de metais, como cloreto férrico, resultando em substâncias coradas. Possuem alto peso molecular e as hidroxilas dos grupamentos fenólicos são capazes de formar ligações cruzadas com proteínas, formaldeído e outras moléculas (Oliveira, 2011; Barbosa, 2013).

Os taninos hidrolisáveis, são polímeros heterogêneos que contêm ácidos fenólicos, em especial ácidos gálico e elágico (**Figura 23**), e açúcares simples, são menores que os taninos condensados e podem ser hidrolisados com mais facilidade, sendo necessário apenas a utilização de ácido diluído. Os taninos condensados ou proantocianidinas, são compostos formados pela polimerização de unidades de flavonoides, são derivados da catequina e das leucoantocianidinas (**Figura 23**) (Mello & Santos, 2010; Taiz & Zeiger, 2009).

Os taninos são capazes de precipitar gelatina de uma solução, propriedade conhecida como adstringente. Essa propriedade se manifesta em ações farmacológicas, por uma retração do tecido lesado e precipitação de proteínas, formando uma camada protetora que possibilita o processo de cicatrização, associado a uma ação hemostática e anti-infecciosa (Ebrahimi *et al.*, 2020).

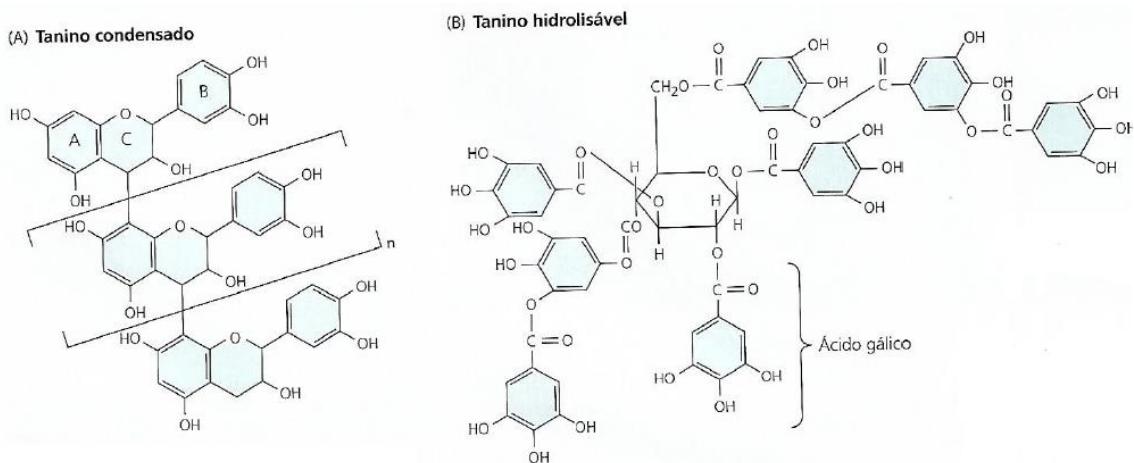


Figura 23. Exemplo de Taninos condensado (A) e hidrolisável (B).
Fonte: Adaptado de TAIZ & ZEIGER, 2009.

Os taninos são toxinas que reduzem o crescimento e sobrevivência de muitos herbívoros e atuam como repelente alimentar para uma grande variedade de animais, por exemplo, frutos imaturos, apresentam altos níveis de taninos que inibem a ingestão por animais, até que os frutos estejam maduros e prontos para dispersão. Várias espécies de leguminosas apresentam alto teor de taninos, principalmente na casca (Barbosa, 1990; Taiz & Zeiger, 2009).

4.3.4.3. Alcaloides

Os alcaloides são os metabólitos secundários que apresentam a maior diversidade estrutural, sendo conhecidos mais de 15.000 compostos, encontrados em aproximadamente 20% das espécies de plantas vasculares. Geralmente, nessas substâncias, o átomo de nitrogênio faz parte do anel heterocíclico, estrutura que possui átomos de nitrogênio e carbono (**Figura 24**). Acredita-se que a maior parte dos alcaloides funcione como defesa contra predadores, em especial mamíferos, devido a sua toxicidade geral (Taiz & Zeiger, 2009).

Como grupo são bem conhecidos pelos seus importantes efeitos farmacológicos em animais vertebrados, cujo exemplo bastante conhecido é a morfina, um dos primeiros alcaloides isolados em 1805 da *Papaver somniferum*, tendo a codeína e heroína como seus derivados (Rezende, 2016). Outros alcaloides vegetais, como a cocaína, a nicotina e a cafeína apresentam um uso não medicinal bastante difundido, como estimulantes ou sedativos (Taiz & Zeiger, 2009).

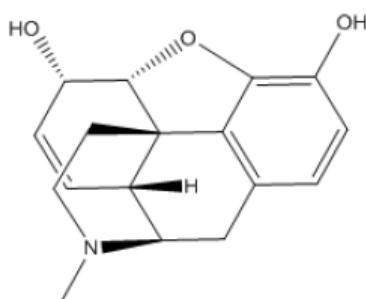


Figura 24. Exemplo de Alcaloide.
Fonte: OLIVEIRA, 2011.

4.3.4.4. Compostos Alifáticos

Dentre as substâncias alifáticas podem se destacar os ácidos graxos, álcoois alifáticos, ceras e graxas. Graxas são definidas como ésteres de ácidos carboxílicos tal como os glicerídeos, enquanto as ceras são ésteres de ácidos de origem de álcoois de extensas cadeias carbônicas (Figura 25) (Klock *et al.*, 2005).

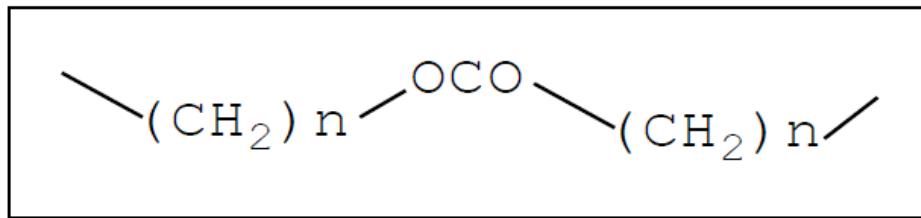


Figura 25. Exemplo de Cera

Fonte: KLOCK, 2013.

4.3.5. Espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier (FTIR)

O FTIR é uma técnica relativamente simples, utilizada para obter informações rápidas sobre a estrutura dos constituintes da amostra através da identificação de seus grupos funcionais, a partir de pequenas quantidades e com um rápido tempo de análise (Poletto *et al.*, 2012).

Quase todos os compostos que tenham ligações covalentes, sejam orgânicos ou inorgânicos, absorvem várias frequências de radiação eletromagnética na região do infravermelho do espectro eletromagnético, em termos de número de onda, o infravermelho vibracional vai de 4000 a 400 cm⁻¹, área de maior interesse para análise de grupos funcionais (Bruice, 2006; Pavia *et al.*, 2010).

Uma molécula absorve apenas frequências selecionadas de radiação infravermelho, essa absorção corresponde a alterações de energia na ordem de 8 a 40 Kj/mol, a radiação nessa faixa de energia corresponde a faixa que engloba frequências vibracionais de estiramento (deformações axiais) e dobramento (deformações angulares) das ligações na maioria das moléculas covalentes, apenas ligações que têm um momento dipolo que muda como uma função do tempo são capazes de absorver energia no infravermelho, pois para transferir energia, a ligação deve apresentar um dipolo elétrico que mude na mesma frequência que a radiação que está sendo introduzida (Pavia *et al.*, 2010).

As principais vibrações moleculares são, estiramento simétrico, estiramento assimétrico, dobramento angular simétrico no plano (scissoring), dobramento angular assimétrico no plano (rocking), dobramento simétrico fora do plano (wagging) e dobramento assimétrico fora do plano (twisting) (Pavia *et al.*, 2010).

Cada tipo de ligação tem sua própria frequência natural de vibração, e como tipos idênticos de ligações em diferentes compostos, estão em ambientes levemente diferentes, os padrões de absorção no espectro infravermelho em moléculas de estruturas diferentes nunca serão exatamente iguais (Pavia *et al.*, 2010).

O espectrômetro FTIR é constituído por uma fonte de radiação, um interferômetro para manipular a energia enviada à amostra, compartimento de amostra e um detector de radiação infravermelho (Figura 26). O traçado do caminho óptico produz um padrão chamado interferograma, que é um sinal complexo, mas seu padrão em forma de ondas contém todas as frequências que formam o espectro infravermelho. Um interferograma é essencialmente um gráfico de intensidade *versus* tempo (um espectro no domínio temporal). A vantagem do FTIR é que ele produz um interferograma em menos de um segundo, sendo, assim, possível coletar

dezenas de interferogramas da mesma amostra e guardá-los na memória de um computador (Pavia *et al.*, 2010).

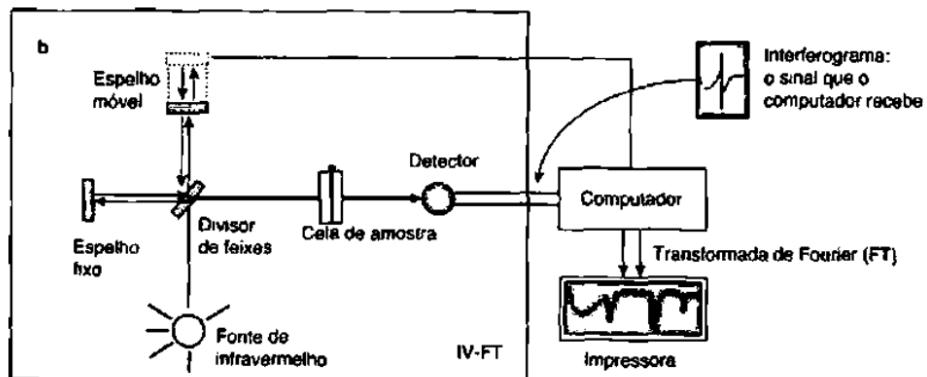


Figura 26. Diagrama esquemático do espectrofotômetro de transformada de Fourier
Fonte: PAVIA et al., 2010.

5. METODOLOGIA

5.1. Material De Estudo

5.1.1. Material Mata Atlântica

As amostras de madeira foram coletadas na Estação Experimental de Ciências Florestais de Anhembi – SP, pertencente à Universidade de São Paulo. Localizada a 22°47' de latitude Sul, 48°09' de longitude Oeste e 500 metros de altitude. Foram quatro indivíduos adultos de cada uma das respectivas espécies: *Acacia polyphylla*, *Erythrina veluntina*, *Enterolobium contortisiliquum*, *Pterogyne nitens*, *Myroxylon peruferum*, *Poecilanthe parviflora*. Das quais foram retiradas amostras de madeira da base (junto ao colo da árvore) e de outras quatro diferentes posições (25%, 50%, 75% e 100% da altura do fuste). Estas amostras foram misturadas formando uma única amostra de madeira para cada espécie.

5.1.2. Material Caatinga

As amostras foram coletadas em talhões pertencentes a Fazenda Milhã/ Poço da Pedra, localizada no estado do Rio Grande do Norte (RN). O empreendimento rural é de propriedade particular, possui 1.132,78 hectares de mata nativa. Localizado nas coordenadas 5°35'47.3"S 35°51'59.6"W, na região Agreste, microrregião de Serra Verde/RN (CARVALHO, 2018). Foram utilizados três indivíduos com circunferência maior que 5cm, de cada uma das respectivas espécies: *Mimosa caesalpinifolia*, *Mimosa tenuiflora*, *Poincianella pyramidalys*, *Libidibia ferrea*, *Amburana cearensis*, *Andira anthelmia*. Das quais foram retiradas amostras de madeira da base (junto ao colo da árvore) e de outras quatro diferentes posições (25%, 50%, 75% e 100% da altura do fuste). Estas amostras foram homogeneizadas formando uma única amostra de madeira para cada indivíduo.

5.2. Análise Da Composição Química

As amostras de madeira foram processadas em moinho de facas tipo Willey. A fração que foi utilizada para o preparo da madeira livre de extrativos foi a que ficou retida na peneira de malha 40 mesh e ficou retida na peneira de malha 60 mesh, conforme aos procedimentos descritos na norma TAPPI T204 cm-97 (TAPPI,1997).

O preparo da madeira livre de extrativos foi realizado seguindo a metodologia adaptada de Abreu et al. (2006). Foram colocados 10g de madeira homogeneizada em cartuchos de papel filtro, que em seguida foram submetidos a três extrações sucessivas com ciclohexano, acetato de etila e metanol, utilizando-se 400ml de cada solvente, por 12 horas em um aparelho soxhlet. As análises foram feitas em triplicata.

5.2.1. Teor de Extrativos

Para a quantificação do teor de extrativo parcial, foi feita a separação de cada solvente sob pressão reduzida em rotavapor até sobrar uma solução concentrada contendo o extrativo. Esta solução concentrada foi colocada em um frasco e levada a capela até a evaporação total do solvente.

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).

Efetuado 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

5.2.2. Teor de Holocelulose

A determinação do teor de holocelulose foi realizada pelo método de cloração, que consiste em adicionar 2,5 g da madeira livre de extrativos e totalmente seca em um Erlenmeyer com 80 mL de água destilada, 0,5 mL de ácido acético e 1 g de clorito de sódio.

Após esse processo, os Erlenmeyer foram tampados e levados para o banho-maria, com temperatura constante de 70° C por uma hora. A cada intervalo de uma hora foi adicionado 0,5

mL de ácido acético e 1 g de clorito de sódio, esse processo foi repetido por no mínimo seis vezes, até as fibras se separarem da lignina.

Posteriormente, a solução contendo as fibras separadas de lignina foi lavada com água destilada em um funil de placa sinterizada sob vácuo. Após esse passo, o funil com as fibras seguiu para estufa para a secagem ($103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, 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 cadiño com holocelulose (g)

Mcv = massa do cadiño vazio (g)

MMle = massa de madeira livre de extrativos (g)

5.2.3. Teor de Lignina

Para determinar o teor de lignina, foi utilizado o método de quantificação de lignina de Klason (lignina insolúvel). Foi transferido 0,3 g de madeira livre de extrativo para um tubo de ensaio e adicionado 3 mL de ácido sulfúrico 72%, a solução foi agitada por um minuto e após esse tempo o material foi deixado em repouso por uma hora.

Após o tempo de repouso o material foi passado para um balão volumétrico e então levado para um refluxo por um período de quatro horas. Posteriormente, após o refluxo, a lignina insolúvel foi lavada com água destilada aquecida em funil de placa sinterizada sob vácuo. O funil contendo lignina insolúvel foi levado à estufa para secagem ($103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, 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 cadiño com lignina insolúvel (g)

Mcv = massa do cadiño vazio (g)

MMle = massa de madeira livre de extrativos (g)

5.3. Espectroscopia De Infravermelho Com Transformada De Fourier (FTIR)

Para a análise de espectroscopia FTIR foram utilizados os extratos obtidos no ciclo de extração. Os espectros foram registrados em um espetrómetro BRUKER modelo VERTEX 70, software OPUS Versão 6.5, utilizando o modo experimental de Refletância Total Atenuada (ATR) utilizando 4 cm^{-1} de resolução e amplitude espectral entre $4000\text{-}400\text{ cm}^{-1}$. As análises foram feitas na Central Analítica, do Instituto de Química da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

5.4. Prospecção Fitoquímica

Os testes fitoquímicos visando à identificação dos componentes acidentais presentes nas madeiras nesse estudo foram realizados com base nas metodologias propostas por Costa *et al* (1995), Matos (1997) e Rodrigues (2010). As análises foram feitas a partir do extrato hidrofílico (metanol). Todos os testes foram realizados em duplicata.

5.4.1. Testes para o Extrato Hidrofílico

5.4.1.1. Determinação de Fenóis e Taninos

Colocou-se 2,0 ml de solução preparada a partir do extrato em tubo de ensaio, adicionou-se 2 ml de água e 3 gotas de FeCl₃. O surgimento de precipitados de coloração vermelha indica a presença de fenóis, precipitado de coloração azul indica presença de taninos pirogálicos e precipitado verde de taninos condensados.

5.4.1.2. Determinação de Antocianinas, Antocianidinas e Flavonóides

Colocou-se 2,0 ml da solução preparada a partir do extrato em 3 tubos de ensaio, condicionou-se um deles a pH 3, outro a pH 8,5 e o terceiro a pH 11. O resultado positivo é observado de acordo com o aparecimento de cores conforme a Tabela 1 abaixo.

Tabela 1. Reações para identificação de antocianinas, antocianidinas e flavonóis

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

5.4.1.3. Determinação de Leucoantocianidinas, Catequinas e Flavonas

Colocou-se 2 ml da solução preparada a partir do extrato em dois tubos de ensaio, em um deles adicionou-se 2 ml de HCl até obtenção de pH 1-3 e no outro adicionou-se NaOH até obtenção do pH 11. Aqueceu-se os tubos e observou-se o aparecimento de cores de acordo com a Tabela 2 abaixo:

Tabela 2. Reações para identificação de leucoantocianidinas, catequinas e flavonas

Constituintes	pH 3	pH 11
Leucoantocianidinas	Vermelho	-
Catequinas	Pardo- amarelado	-
Flavanonas	-	Vermelho - laranja

5.4.1.4. Determinação de Flavonóis, Flavanonas, Flavanonois e Xantonas (Teste de Shinoda)

Colocou-se 2 ml da solução preparada a partir do extrato em um tubo de ensaio, adicionou-se pequenas tiras de fita de magnésio e 0,5 ml de HCl concentrado. O teste é positivo quando ocorre o aparecimento de coloração avermelhada.

5.4.1.5. Determinação de Esteróides e Triterpenóides (Teste de Lierbemann-Burchard)

Realizou-se uma extração líquido-líquido da solução preparada a partir do extrato com clorofórmio. Na solução resultante adicionou-se 1 ml de anidrido acético e 3 gotas de H₂SO₄ concentrado. O aparecimento de coloração azul seguida de verde que indica esteróides livres, já coloração parda até vermelha indica triterpenóides pentacíclicos livres.

5.4.1.6. Determinação de Saponinas

Adicionou-se uma pequena quantidade do extrativo à 2 ml de água destilada em um tubo de ensaio e agitou-se vigorosamente durante por 2 minutos. A confirmação de saponinas é feita através do aparecimento de espuma persistente.

5.4.1.7. Determinação de Resinas

Extraiu-se o extrato bruto com o menor volume possível de etanol, adicionou-se 3 ml desta solução etanólica em um tubo de ensaio, ao qual adicionou-se água. A presença de resina é indicada pela formação de precipitado floculoso que se aglomera após agitação.

5.4.1.8. Determinação de Alcalóides

Na alíquota de 2ml da solução preparada a partir do extrato adicionou-se NH₄OH concentrado até se atingir pH 11. Fazendo-se a separação das bases orgânicas com éter: clorofórmio (3:1) utilizando um funil de separação. A fase orgânica foi extraída com HCl 0,1 N, sendo a solução aquosa ácida resultante dividida em 2 tubos de ensaio e adicionou-se em 3 gotas de reagentes Mayer em um tubo e de Dragendorff no outro. A formação de precipitado floculoso indica positivo para alcalóides.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Caracterização Química

6.1.1. Caracterização química das espécies nativas pertencentes ao bioma da Mata Atlântica

Ao realizar a caracterização química quantitativa das madeiras das espécies de *P.nitens*, *E.velutina*, *A.polyphilla*, *E.contortisiliquum*, *P.parviflora* e *M.peruiferum* foram constatados os seguintes valores médios de holocelulose, lignina e extractivos totais (**Tabela 3**).

Tabela 3. Resumo estatístico (média e desvio padrão) do teor de holocelulose, teor de lignina e teor de extrativos da madeira de espécies da Mata Atlântica.

Espécies	Teores		
	Holocelulose (%)	Lignina (%)	Extrativos (%)
<i>P.nitens</i>	65,47 (2,41)	23,89 (2,75)	2,30 (0,17)
<i>E.velutina</i>	65,20 (0,98)	26,67 (2,87)	2,82 (0,93)
<i>A.polyphilla</i>	71,47 (1,68)	22,00 (5,19)	1,33 (0,13)
<i>E.contortisiliquum</i>	78,75 (2,06)	15,56 (3,33)	1,27 (0,42)
<i>P.parviflora</i>	65,68 (2,95)	21,33 (3,93)	1,53 (0,17)
<i>M.peruiferum</i>	78,12 (0,74)	19,50 (0,56)	1,48 (0,14)

A madeira de *E.contortisiliquum* (78,75%) e *M.peruiferum* (78,12%) apresentaram os maiores teores de holocelulose, e as espécies *E.veluntina* e *P.nitens* apresentaram os maiores teores de lignina (26,67% e 23,89%) e extrativos (2,82% e 2,30%) respectivamente (**Tabela 3**).

Madeiras com elevado teor de holocelulose, não possuem tanta resistência a degradação térmica, devido a composição da hemicelulose, que apresenta uma estrutura ramificada e amorfa, que se degrada facilmente com o aumento da temperatura, sendo mais bem destinadas a fabricação de lâminas, pois durante a laminação o material não é submetido a tratamentos térmicos extremos e a utilização da água ajuda a madeira apresentar melhor trabalhabilidade (Cipriano, 2015; Pereira, 2015). As madeiras de *E.contortisiliquum* e *M.peruiferum* apresentaram média de holocelulose superior ao *E.urophylla* (77,60%), uma das espécies mais utilizadas na produção de polpa celulósica no Brasil, sendo assim opções atrativas, já que o elevado teor de holocelulose acarreta em um maior rendimento nos processos de polpação (Souza *et al.*, 2017).

As espécies *E.veluntina* e *P.nitens* destacaram-se para a produção de carvão vegetal, por possuírem maiores teores de lignina e extrativos (**Tabela 3**), estes constituintes são ricos em carbono, favorecendo o aumento do poder calorífico e do rendimento de carvão vegetal. A complexa estrutura da lignina, decorrente das ligações entre carbonos nas unidades de fenil-propano, faz as espécies mais lignificadas serem mais destinadas a usos que exigem maior resistência a degradação de componentes metabólicos ou para fins energéticos (Cipriano, 2015). Folhosas que crescem em climas tropicais tendem a produzir normalmente altas concentrações de lignina total, como é o caso das madeiras de eucalipto plantadas no Brasil que possuem teores de lignina compreendidos entre 25 e 30% (Gomide & Colodette, 2007). Os extrativos que são solúveis em álcool apresentam altos valores calóricos e podem chegar até a 8.500Kcal/kg, tornando madeiras com grandes quantidades favoráveis a aplicação energética (Bufalino *et al.*, 2012; Sarve *et al.*, 2022). Apesar do teor de extrativos ser mais baixo que os outros componentes químicos presentes na madeira, sua presença influencia na escolha da madeira para determinados fins, pois são responsáveis pela cor, odor e resistência ao apodrecimento, ao ataque de insetos, além de influenciar na permeabilidade, densidade e dureza da madeira (Pettersen, 1984; Rowell, 2005).

Os teores de 65,47% (\pm 2,41) de holocelulose e 23,89% (\pm 2,75) de lignina encontrados na madeira de *P.nitens* estão de acordo com os valores de 65,4% de holocelulose, 28,4% de lignina e 5,9% de extrativos encontrados por Amorim *et al.* (2023). Pereira *et al.* (2019) encontrou ao estudar o potencial de polpação da *P.nitens* os seguintes valores, 66,6% de holocelulose, 26,5% de lignina total e 7,3% de extrativos, sugerindo que a espécie não é uma boa alternativa para a produção de polpa celulósica, pois apresenta teor de extrativos maior os relatados por Gomide *et al.* (2005) para várias espécies de eucaliptos utilizadas por empresas brasileiras de polpa celulósica (1,76 à 4,13%).

A espécie *E.velutina* apresentou valores de 65,20 ($\pm 0,98$) de holocelulose, 26,67% ($\pm 2,87$) de lignina e 2,82 ($\pm 0,93$), apresentando um grande potencial para fabricação de carvão vegetal devido ao seu teor elevado de lignina.

Obteve-se para *A. polyphylla* os valores médios de 22,00% ($\pm 5,19$) de lignina e de 1,33% ($\pm 0,13$) de extractivos. Cintra (2009) obteve um teor de lignina (23%) similar, porém um teor de extractivos (8,8%) superior, indicando o potencial da espécie para a produção de biomassa.

Obteve-se para espécie *E.contortisiliquum* teores de 15,56% ($\pm 3,33$) de lignina e 1,27% ($\pm 0,42$) de extractivos, ambos inferiores aos obtidos por Cintra (2009) que obteve para espécie teores 21,2% de lignina e 14,5% de extractivos. Ele afirmou que a espécie apresentou alto poder calorífico, sugerindo seu potencial uso para a produção energética, com a necessidade de estudos continuados para seleção de genótipos superiores em função da variabilidade nos resultados obtidos entre indivíduos.

Encontrou-se para a espécie *P.parviflora* o teor de lignina de 21,33% ($\pm 3,93$), valor próximo ao de 26,4% encontrado na literatura (Carvalho, 2003). É uma madeira que produz lenha de ótima qualidade, ardendo mesmo quando verde, devido ao seu teor de lignina (Carvalho, 2003).

Observou-se para espécie *M.peruferum* os teores de 78,12% ($\pm 0,74$) de holocelulose, 19,50% ($\pm 0,56$) de lignina e 1,48% ($\pm 0,14$) de extractivos. Amorim *et al.* (2023) obteve para a mesma espécie o valor de 62,4% de holocelulose, 33,8% de lignina e 3,7% de extractivos. A espécie *M.peruferum* apresenta um grande potencial energético para fabricação de pellets e briquetes. (Amorim *et al.*, 2023)

As variações entre os valores encontrados e os presentes na literatura podem ser explicadas pois, a composição química da madeira é dependente de uma série de fatores relacionados ao crescimento da árvore, como por exemplo, a idade e a posição no tronco (Gonçalves *et al.*, 2010). Segundo Raymond (2000), os teores de holocelulose e de extractivos aumentam com a idade, ocorrendo o inverso quanto aos teores de lignina. Silva (2005) verificou que os teores de extractivos e lignina aumentaram com a idade, com maiores concentrações nos discos próximos da base; observou, também, que o teor de holocelulose diminuiu com a idade, com maiores concentrações nos discos retirados nas regiões superiores do tronco.

A composição química das madeiras das espécies da Mata Atlântica apresentou uma média dos teores de holocelulose de 65,20% ($\pm 0,98$) a 78,75% ($\pm 2,06$), de lignina de 15,56% ($\pm 3,33$) a 23,89% ($\pm 2,75$) e de extractivos de 1,27% ($\pm 0,42$) a 2,82 ($\pm 0,93$) (**Figura 27**). O que está de acordo com literatura, a holocelulose de folhosas varia de 65% a 80% do peso seco do lenho, enquanto a lignina varia de 15% a 35% e o teor de extractivos varia 2 a 4% para folhosas de regiões temperadas (Klock *et al.*, 2013).

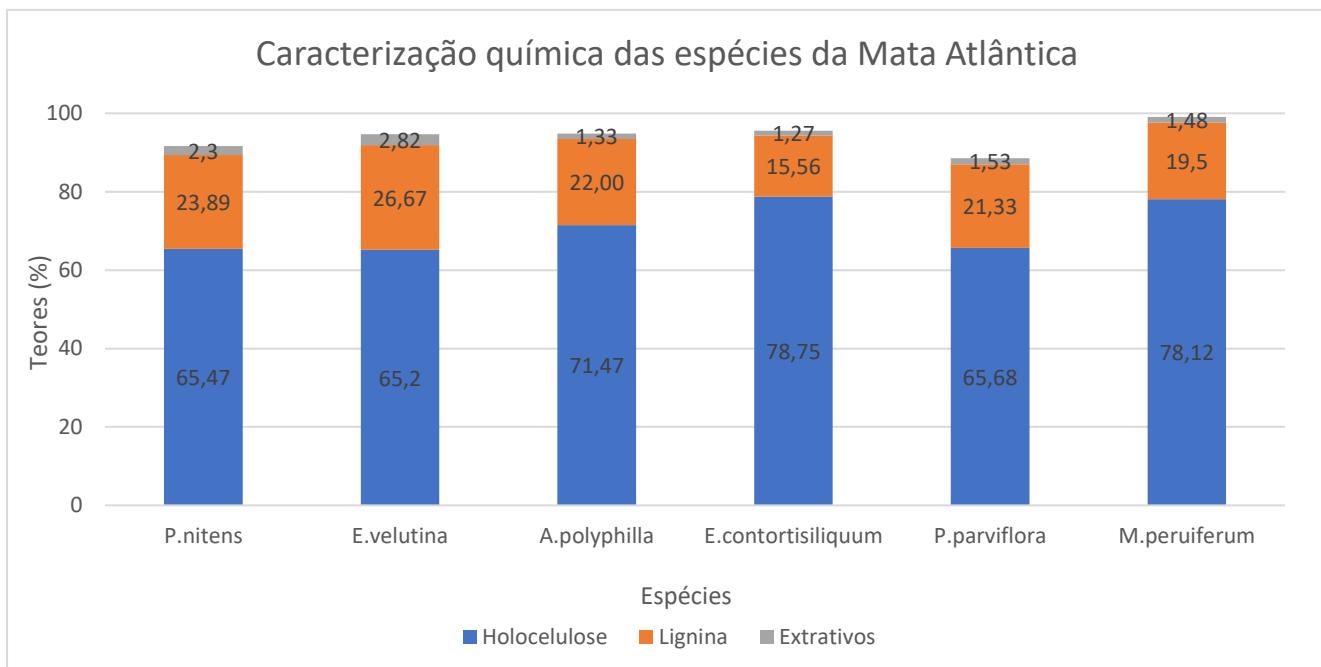


Figura 27. Esquema ilustrativo com as médias de holocelulose, lignina e extrativos das espécies da Mata Atlântica.

6.1.1.1. Caracterização química dos extrativos da madeira das espécies nativas pertencentes ao bioma da Mata Atlântica

Visando obter informações sobre a composição química dos extrativos presentes nas espécies foram feitas análises por espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier (FTIR) (**Figura 28**), que tem sido comumente utilizada para a identificação estrutural ou determinação qualitativa da “impressão digital” de compostos orgânicos, porque alguns grupos de átomos exibem frequências de absorção de vibração características nesta região infravermelha do espectro eletromagnético (Freire, 2020).

O extrato hidrofílico foi escolhido, pois já foi mostrado que a quantidade de compostos extraídas é maior quando se utilizam solventes mais polares em relação a solventes apolares, entre esses compostos destacam-se substâncias aromáticas (polifenóis) e carboidratos (Barbosa, 2005; Gonçalvez *et al.*, 2013; Wastowski, 2018).

Ao considerar os espectros no infravermelho e seus respectivos picos de absorção pode-se observar que estes foram similares entre as espécies, sendo as principais diferenças relacionadas à intensidade das bandas (**Figura 28**). O metanol é utilizado na extração de substâncias polares, esse solvente tem grande eficiência na extração de compostos fenólicos e flavonoides (Sanvido, 2015).

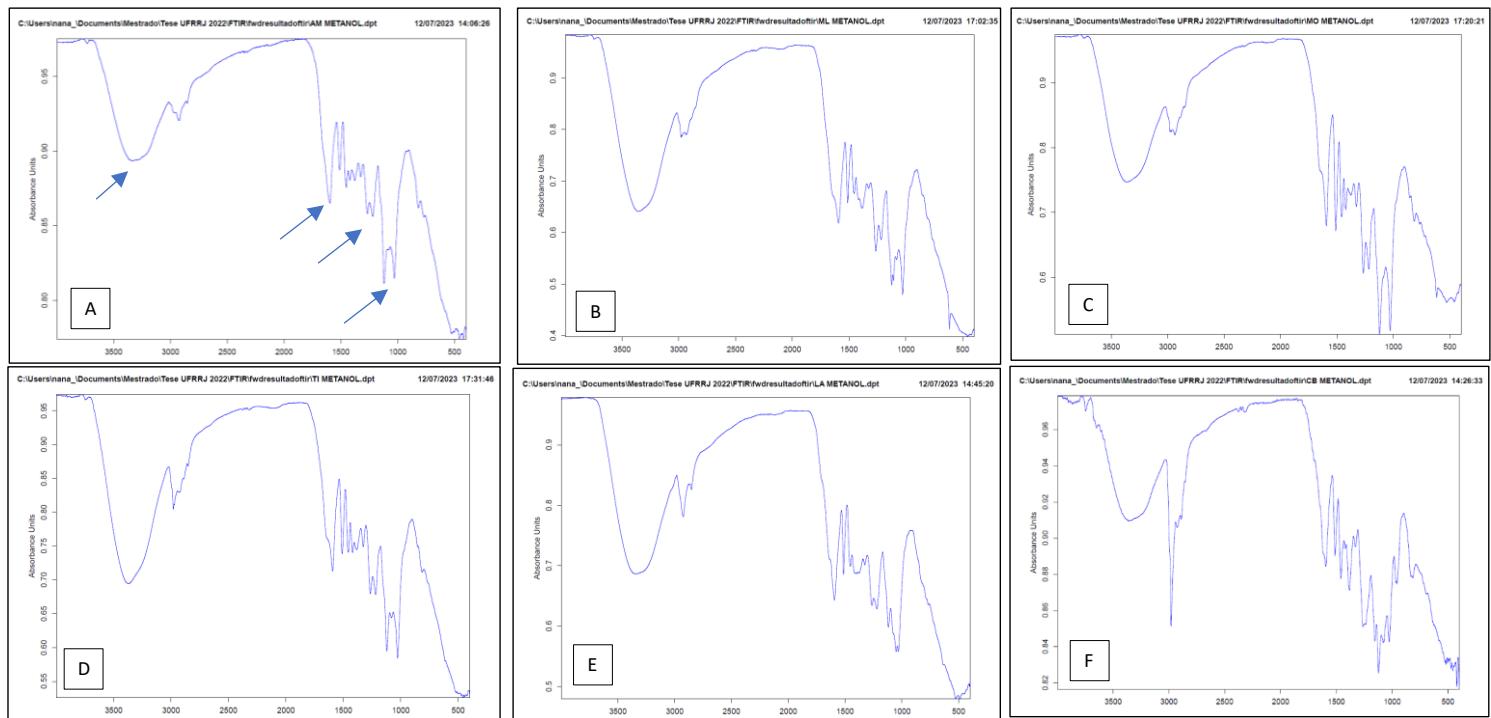


Figura 28. Espectros no FTIR dos extratos hidroalcóolicos das espécies da Mata Atlântica Em que as letras representam as seguintes espécies: A = *P. nitens*; B = *E. velutina*; C = *A. polyphylla*; D = *E. contortisiliquum*; E = *P. parviflora* e F = *M. peruferum*.

Verificou-se bandas largas em 3375 cm^{-1} a 3337 cm^{-1} relativas ao estiramento da ligação OH e indicativas da presença de compostos hidroxilados, como fenóis, álcoois ou hidrogênios de moléculas de água ligados a esses grupos. As vibrações de estiramento N-H também ocorrem nessa faixa, sendo indicativa da presença de compostos nitrogenados como alcaloides (Silvério, 2008; Pavia *et al.*, 2010; Khan *et al.*, 2022) (**Tabela 4**).

Foram identificadas bandas de grande intensidade em torno de 1594, 1511 e 1458 cm^{-1} que são referentes ao estiramento da ligação C=C de compostos aromáticos, decorrentes da vibração esquelética do anel benzênico. O que indica a presença de compostos fenólicos, dentre eles as classes de taninos, flavonoides e catequinas, pois estes possuem um ou mais grupos hidroxila ligados ao benzeno, sendo o fenol a sua estrutura básica (Barbosa, 2005; Silverio, 2008) (**Tabela 4**).

A absorção ocorrida na faixa de 1300 cm^{-1} a 1100 cm^{-1} pode representar vibrações de estiramento e dobramento acopladas ao grupo C-CO-C de cetonas. As bandas por volta de 1260 cm^{-1} podem sugerir a presença de cetonas aromáticas. Pode também indicar a presença de alguns grupos carbonila de ésteres que aparecem na mesma região das cetonas (Pavia *et al.*, 2010) (**Tabela 4**).

As bandas observadas de 1220 a 1026 cm^{-1} , são estiramentos vibracionais do grupo C-O dos álcoois e fenóis. A presença da banda em torno de 3364 cm^{-1} (grupo -OH), juntamente com as bandas em torno de 1218 a 1028 cm^{-1} sugerem a presença de estruturas polihidroxiladas (Freire, 2020) (**Tabela 4**).

Tabela 4.Picos de absorção das espécies da Mata Atlântica

Frequência (cm ⁻¹)	Tipo de Vibração	Referência
3375 - 3337	Ligaçāo -OH; Estiramento -N-H	(SILVÉRIO, 2008; PAVIA et al, 2010; KHAN et al, 2022)
1600 - 1454	Estiramento C=C de compostos aromáticos	(BARBOSA, 2005; SILVERIO, 2008)
1300 - 1100	Estiramento e dobramento C-CO-C de cetonas	(PAVIA et al, 2010)
1220 – 1026	Estiramento C-O dos álcoois e fenóis	(FREIRE, 2020)

Os compostos polifenólicos, detectados nas análises espectrométricas acima (**Tabela 4**) são responsáveis por diversas propriedades medicinais e atividades biológicas. A fim de identificar as principais classes de metabólitos presentes nas espécies da Mata Atlântica e ampliar o conhecimento sobre as suas possíveis aplicações foi realizada a prospecção fitoquímica (**Tabela 5**).

Tabela 5.Triagem fitoquímica em extrato hidrofílico das espécies da Mata Atlântica

Constituintes	<i>P.nitens</i>	<i>E.velutina</i>	<i>A.polyphylla</i>	<i>E.contortisiliquum</i>	<i>P.parviflora</i>	<i>M.peruiferum</i>
Alcaloides	+	+	+	+	+	+
Taninos condensado	+	-	-	-	-	-
Taninos pirogálicos	-	-	-	-	-	-
Fenóis	+	+	+	+	+	+
Antocianinas e Antocianidinas	-	-	-	-	-	-
Flavonas, Flavonóis, Xantonas	+	+	+	+	+	+
Chalconas, Auronas	-	-	-	-	-	-
Flavanonóis	+	-	-	-	-	-
Leucoantocianidinas	+	-	-	-	+	-
Catequinas	-	+	+	+	-	-
Flavanonas	+	-	-	+	-	+
Flavonóis, Flavanonas, Flavanonóis e Xantonas	+	+	+	+	+	+
Esteróides	-	-	-	-	-	-
Triterpenóides	+	+	+	+	-	+
Saponinas	+	+	-	+	+	-
Resinas	-	-	-	-	+	-

Em que: + = indica a presença do composto; - = ausência do composto.

As classes de compostos presentes no extrato hidrofílico de *P.nitens* foram: alcaloides, taninos condensados, fenóis, flavonas, flavonóis, xantonas, flavanonóis, flavanonas, leucoantocianidinas, triterpenoides e saponinas (**Tabela 5**). Esses resultados assemelham-se aos dados encontrados por Sakita & Vallilo (1990) na casca e no lenho de *P.nitens* (saponinas, taninos, alcaloides, cumarinas, flavonoides, esteroides, antraderivados e triterpenoides).

Regasani (2008) encontrou 26 metabólitos ao conduzir um estudo químico dos caules, frutos e flores de *P.nitens*, dentre essas substâncias incluem-se alcaloides guanidínicos, flavonoides e ácidos fenólicos que apresentaram atividades antitumoral, ação hemolítica, atividade antifúngica e potencial anti-inflamatório. Outros potenciais farmacológicos para essas classes foram identificados, tais como funções antidiabéticas, mutagênica, antimutagênica, atividades pró-hemolítica e anti-hemolítica, e tratamento de leishmanioses (Leite, 2012; Pasquini-Netto *et al.*, 2012; Souza *et al.*, 2009, 2010; Ferreira *et al.*, 2009; Oliveira *et al.*, 2007).

As classes de compostos presentes no extrato hidrofílico de *E.veluntina* foram: alcaloides, fenóis, flavonas, flavonóis, xantonas, flavanonóis, flavanonas, catequinas, triterpenoides e saponinas (**Tabela 5**). Palumbo *et al.* (2016) em sua revisão abordando aspectos farmacológicos e perspectiva antroposófica de plantas brasileiras, relatou que os alcaloides eritrevina e 11-hidroxi-eritrevina foram isolados de folhas e cascas do caule da *E.veluntina*, estes são pertencentes a um grupo de alcalóides tetracíclicos característico do gênero *Erythrina*. Também foram isolados os flavonoides homohespereritina, eriveluntinona e faseolidina. A prospecção fitoquímica das folhas e inflorescências detectou flavonas, flavonóis, catequinas, flavanonas, flavanonóis, esteroides, triterpenóides, leucoantocianidinas, auronas e chalconas (Santos *et al.*, 2013). A *E.veluntina* apresenta efeitos ansiolíticos e sedativos, sendo indicada para distúrbios de ansiedade, estresse, tensão, hipertonicidade, espamofilia e radiação renal (Santos *et al.*, 2013; Palumbo *et al.*, 2016).

A espécie *A.polyphilla* apresentou resultado positivo para alcaloides, fenóis, flavonas, flavonóis, xantonas, flavanonas, flavanonóis, catequinas e triterpenóides (**Tabela 5**), resultados condizentes com estudos químicos do gênero *Acacia* Mill que levaram a caracterização de metabólitos de várias classes, entre elas, flavonoides, cumarinas, alcaloides, taninos, triterpenos e esteroides (Andrade *et al.*, 2003). Cesarino *et al* (2020) ao estudar o extrato etanólico de folhas de *A.polyphilla* isolou cinco flavonoides (luteolina, isovitexina, queracetina 3-O- β -D-glicopiranósideo, queracetina 3-O- β -D-galactopiranósideo e vitexina-2'-O-ramnosídeo), três triterpenos (α -amirina, β -amirina e lupeol) e quatro esteroides (estigmast-22-en-3 β -ol, espinasterol, sitostanol e β -sitosterol) e sugeriu o uso da espécie como uma nova fonte de antioxidantes naturais em doenças relacionadas ao estresse oxidativo, devido à sua atividade sequestradora de radicais livres.

A espécie *E.contortisiliquum* positivou para as seguintes classes de compostos: alcaloides, fenóis, flavonas, flavonóis, xantonas, flavanonas e flavanonóis, catequinas, triterpenoides e saponinas (**Tabela 5**). Resultados condizentes com Barros *et al* (2023) que ao estudar o potencial dos extratos das sementes de *E.contortisiliquum* como ovicida e larvicida do *Aedes aegypti* encontrou a presença de fenóis, flavonas, flavonóis, flavanonas e xantonas. Além desses compostos, foram identificados nas sementes e cascas de frutos taninos hidrolisáveis, saponinas, triterpenoides, cumarinas e alcaloides. Um estudo fitoquímico isolou 10 substâncias, dentre elas sete triterpenos (ácido maslínico, ácido betulínico, 3-oxo- β -amirina, ácido ursólico, lupeol, β -amirina, esqualeno). Às favas dessa espécie são relatadas como causa importante na intoxicação de bovinos, além de apresentar ação abortiva (Miranda *et al.*, 2015; Júnior *et al.*, 2021).

Entre os compostos presentes no extrato da madeira de *P.parviflora* encontram-se alcaloides, fenóis, flavonas, flavonóis, xantonas, flavanonas e flavanonóis, leucoantocianidinas, saponinas e resinas (**Tabela 5**). Segundo a literatura, cinco alcaloides foram detectados nas folhas e semente, três esteroides (campesterol, estigmasterol, β -sitosterol) nas raízes, e a flavanona sacuranetina, que torna a espécie resistente ao ataque de fungos (Assumpção *et al.*, 1968; Greinwald *et al.*, 1995; Ruiz, 1998).

A espécie *M.peruferum* apresentou as determinadas classes de compostos, alcaloides, fenóis, flavonas, flavonóis, xantonas, flavanonas, flavanonóis e triterpenoides (**Tabela 5**). Pereira et al 2018 ao realizar um estudo fitoquímico da casca de *M.peruferum* encontrou a

presença de taninos, flavonoides, triterpenoides e saponinas. Ohsaki et al (1999) isolou uma isoflavana denominada cabreuvina, um ativo potente conta a bactéria *Helicobacter pylori*. Devido as classes de componentes presentes na *M.peruferum*, esta espécie apresenta inúmeras propriedades farmacológicas, como atividade antimicrobiana contra *Streptococcus pyogenes*, *Shigella sonnei* e *Staphylococcus aureus*, antioxidante, anticoagulantes (Gonçalves *et al.*, 2005; Moura, 2015; Pereira, 2018).

Todas as espécies estudadas da Mata Atlântica apresentaram resultados positivos para as seguintes classes de compostos: alcaloides, flavonas, flavonóis, xantonas, flavanonas e flavanonóis (**Figura 29**).

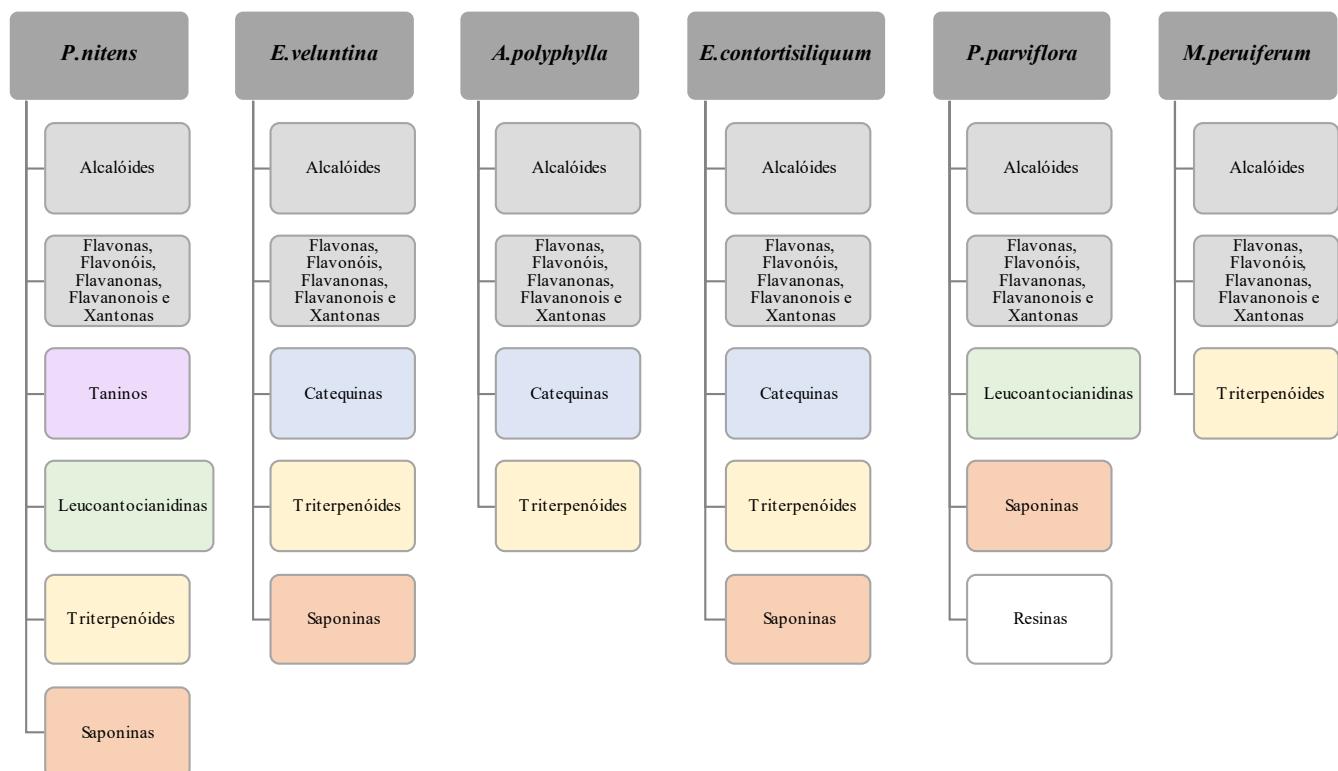


Figura 29. Classe de metabólitos presente nas espécies estudadas do bioma Mata Atlântica
Em que: As classes com as mesmas cores convergiram entre as espécies

Os alcaloides representam a classe de metabolitos com maior diversidade estrutural, sendo bastante ativos em plantas. Essa classe é famosa pela presença de substâncias que possuem efeito acentuado no sistema nervoso, sendo muitas delas utilizadas como venenos ou alucinógenos (Vizzoto *et al.*, 2010).

Os compostos fenólicos (flavanonóis, flavanonas, flavonóis, flavanonas, flavanonois e xantonas) correspondem à classe de metabólitos secundários na qual se encontra a maior parte dos compostos com atividade alelopática, controle de hormônio vegetais e inibição de enzimas (Simões *et al.*, 2016). Além disso, esses compostos possuem associações ao tratamento de diversas doenças crônico-degenerativas como diabetes, câncer e processos inflamatórios inibindo também o risco das doenças cardiovasculares (Rocha *et al.*, 2011).

Algumas classes de metabólitos só foram detectadas nos extrativos de certas espécies da Mata Atlântica. Somente a espécie *P.nitens* apresentou taninos condensados (**Figura 29**). Os taninos apresentam atividades antimicrobiana, antiviral, antifúngica, antisséptica, anti-infecciosa, antibacteriana, antiprotozoária, na reparação de tecidos, regulação enzimática e proteica, estimulação das células fagocíticas e ação tumoral (Monteiro *et al.*, 2005; Bessa *et al.*, 2013).

As espécies *P.nitens* e *P.parviflora* positivaram pra leucoantocianidinas (**Figura 29**). As leucoantocianidinas, são consideradas intermediárias na síntese de taninos condensados, atuando como antioxidante, sendo indicadas para a proteção das células contra os radicais livres, auxiliando no tratamento de dislipidemias, principalmente hipercolesterolemia, prevenindo a aterosclerose e o desenvolvimento de doenças cardiovasculares (Bispo., 2011).

As catequinas foram encontradas nas espécies *P.nitens*, *E.veluntina* e *E.contortisiliquum* (**Figura 29**), suas propriedades e características estão relacionadas com a ação antioxidant, sendo apontada como fator contribuinte na prevenção e tratamento de diversas doenças crônico degenerativas, incluindo câncer, doenças cardiovasculares e diabetes (Senger *et al.*, 2010).

Todas as espécies, exceto *P.parviflora* positivaram para a presença de triterpenóides (**Figura 29**), essa classe de compostos possui uma ampla gama de propriedades biológicas, incluindo efeitos quimiopreventivos do câncer, atividade antimicrobiana, antifúngica, antiviral, anti-hiperídrica, analgésica, anti-inflamatória e antiparasitária (Moura, 2015).

As saponinas estão presentes nas espécies *P.nitens*, *E.veluntina*, *P.parviflora* e *E.contortisiliquum* (**Figura 29**), plantas que possuem esses compostos tem sido associadas às atividades hemolítica, antiviral, anti-inflamatória, expectorante e cicatrizante (Lopes *et al.*, 2009; Simões *et al.*, 2016).

A *P.parviflora* foi a única espécie em que houve a presença de resinas (**Figura 29**), as resinas são constituídas de terpenóides, essa classe de compostos agem como defesa das plantas contra a ação de herbívoros, e é muito utilizada como ingrediente de inseticidas comerciais, devido à sua baixa persistência no ambiente e pequena toxicidade para mamíferos (Taiz & Zeiger, 2009). Sabe-se que a resina foliar de *Hymenaea courbaril* tem efeitos tóxicos e repulsivos para a lagarta da mariposa *Spodoptera exigua* (Langenheim *et al.*, 1977).

O conhecimento da dos metabólitos secundários dos extrativos da madeira das espécies da Mata Atlântica, nos permite buscar opções mais adequadas para a sua exploração comercial e ao mesmo tempo realizar um manejo sustentável incentivando a preservação desse bioma.

6.1.2. Caracterização química das espécies nativas pertencentes ao bioma da Caatinga

Ao realizar a caracterização química quantitativa das madeiras das espécies de *M.caesalpinifolia*, *M.tenuiflora*, *L.ferrea*, *P.pyramidalis*, *A.anthelmia* e *A.cearensis* foram constatados os seguintes valores médios de holocelulose, lignina e extrativos totais (**Tabela 6**).

Tabela 6. Resumo estatístico (média e desvio padrão) do teor de holocelulose, teor de lignina e teor de extrativos da madeira de espécies da Caatinga

Espécies	Teores		
	Holocelulose (%)	Lignina (%)	Extrativos (%)
<i>M.caesalpinifolia</i>	68,28 (1,02)	16,33 (2,42)	5,17 (0,10)
<i>M.tenuiflora</i>	69,24 (0,45)	23,11 (0,16)	11,38 (0,48)
<i>L.ferrea</i>	66,32 (0,74)	20,80 (0,70)	3,79 (0,17)
<i>P.pyramidalis</i>	71,41 (1,10)	19,67 (1,25)	5,79 (0,20)
<i>A.anthelmia</i>	61,09 (0,73)	22,22 (1,03)	3,47 (0,19)
<i>A.cearensis</i>	59,63 (0,49)	20,33 (0,27)	9,56 (0,84)

A madeira de *P.pyramidalis* (71,41%) apresentou o maior teor de holocelulose, e a espécie *M.tenuiflora* apresentou os maiores teores de lignina (23,11%) e extrativos (11,38%) (**Tabela 6**). Os elevados teores de holocelulose podem ser associados a uma maior resistência à tração da madeira sólida, enquanto altos teores de lignina aumentam a resistência a compressão (Costa, 2016). Madeiras com alto teor de extrativos apresentam menor rendimento em polpa celulósica e maior potencial para formação *pitch*, levando a um aumento no custo de manutenção das máquinas e perdas de qualidade no produto (Gomide *et al.*, 2005). Outro problema associado aos extrativos é o aumento no consumo de álcali e reações de saponificação, que demandam o uso de aditivos químicos no processo, por consequência, aumentando o custo de produção de celulose (Ando, 1999).

Observou-se para espécie *M.caesalpinifolia* teores de 68,28% ($\pm 1,02$) de holocelulose, 16,33% ($\pm 2,42$) lignina e 5,17% ($\pm 0,10$) de extrativos (**Tabela 6**). Gonçalves *et al.* (2010), obteve valor aproximado para a espécie em relação ao teor de holocelulose (66%), em relação aos teores de lignina e extrativos os valores encontrados foram superiores 24,56% de lignina e 9% de extrativos respectivamente. Essa diferença pode estar relacionada a variação dos compostos em relação ao alburno e o cerne e a posição ao longo do fuste. Entretanto Gonçalves *et al.* (1999) ao avaliar o potencial da espécie para produção de polpa celulósica e carvão vegetal encontrou valores médios de 32,40% de lignina, 56,91% de holocelulose e 10,10% de extrativos, indicando que a madeira de *M.caesalpinifolia* seria adequada para a produção de carvão, mas não para fabricação polpa celulósica, devido ao seu alto teor de lignina Klason, que acarreta em um consumo maior de reagentes químicos deslignificadores durante o cozimento e branqueamento da polpa. O teor de extrativos elevado presentes madeira de *M.caesalpinifolia* favorece alta durabilidade natural ao apodrecimento, podendo ser utilizada como cercas e mourões (Almeida, 2018).

Encontrou-se para a espécie *M.tenuiflora* valores de 69,24% ($\pm 0,45$) de holocelulose, 23,11% ($\pm 0,16$) de lignina e 11,38% ($\pm 0,48$) de extrativos (**Tabela 6**). Pode-se observar que a espécie apresentou um alto teor de extrativo resultado esse semelhante ao encontrado na literatura. Segundo Paes *et al.* (2013) a espécie *M.tenuiflora* apresentou teores de 60,28% de holocelulose, 29,14% de lignina e um teor de extrativos apolar de 9,96%. Nogueira (2020) encontrou valores médios 9,15% a 13,40% de extrativos totais para diferentes alturas do tronco de *M.tenuiflora*, sendo os maiores teores de extrativos presentes na base e os menores presentes no topo do tronco, essa variação no teor de extrativos, influenciou na cor da madeira, apresentando cores mais escuras e avermelhadas na base e cores mais amareladas no topo. A espécie é constantemente utilizada para a produção de carvão e de álcool combustível devido ao seu teor de lignina e celulose, além de apresentar outras potencialidades como a fabricação de móveis, pois as peças têm uma menor predisposição a empenamentos, rachaduras e maior durabilidade natural ao fungo *Ganoderma sp.* causador de podridão branca (Silva, 2011; Paes *et al.*, 2013; Nogueira, 2020).

A madeira de *L.ferrea* apresentou teores de 66,32% ($\pm 0,74$) de holocelulose, 20,80% ($\pm 0,70$) de lignina e 3,79% ($\pm 0,17$) de extrativos (**Tabela 6**). Oliveira (2021) encontrou para a biomassa dos frutos de *L.ferrea* teores de 8,1% de extrativos, 23,1% de lignina e 49,3% de holocelulose. Carvalho (2003) considerou a *C.ferrea* uma espécie de boa qualidade para a produção de lenha e carvão devido ao seu teor de lignina, considerado excelente para produção de álcool e coque (Carvalho, 2003).

A espécie *P.pyramidalis* apresentou teor de holocelulose de 71,41% ($\pm 1,10$), de lignina de 19,67% ($\pm 1,25$) e de extrativos de 5,79 ($\pm 0,20$) (**Tabela 6**). Carvalho (2014) a considerou uma espécie com grande potencial para a produção de álcool combustível devido aos seus teores de celulose e lignina.

Encontrou-se para a *A.anthelmia* valores de 61,09% ($\pm 0,73$) de holocelulose, 22,22% ($\pm 1,03$) de lignina e 3,47% ($\pm 0,19$) de extrativos (**Tabela 6**). Não existem muitos estudos sobre

a quantificação dos teores de componentes da madeira gênero *Andira*. Mori *et al.* (2003) encontraram 8,8% de extractivos totais para a espécie *A.fraxinifolia*, Téllez-Sánchez *et al.* (2010) ao estudarem a espécie *A.inermis* obtiveram 19% de teor de extractivos totais e De Castro *et al* (2023) obtiveram teores de extractivos totais variando de 10 a 30% para *A.paviflora*, utilizando água e etanol como solvente em diferentes posições do fuste e partes do cerne.

A *A.cearensis* apresentou teor de holocelulose de 59,63% ($\pm 0,49$), teor de lignina de 20,33 ($\pm 0,27$) e teor de extractivos de 9,56% ($\pm 0,84$) (**Tabela 6**). Almeida (2015) ao avaliar o poder calorífico da espécie encontrou valores médios de 27,04% de extractivos totais, 49,27% de holocelulose e 21,14% de lignina. Vieira (2019) encontrou para a mesma espécie valores de 13,82% de extractivos, 27,21% de lignina e 70,84% de holocelulose e classificou a espécie como resistente aos fungos apodrecedores *Trametes versicolor* e *Gloeophyllum trabeum*. Já Neves (2021) encontrou valores de 7,05% de extractivos, 43,78% de lignina e 56,07% de holocelulose, destacando que a degradação térmica desses compostos garante aromas e sabores característicos na cervejas maturadas em madeira de *A.cearensis*.

As variações entre os valores encontrados e os presentes na literatura podem ser explicadas por diversos fatores, entre eles a idade e posição no fuste. A composição química da madeira pode variar dentro de uma mesma espécie e uma mesma árvore. Silva *et al.* (2005) encontraram maiores teores de holocelulose em madeira de *Eucalyptus grandis* em árvores mais jovens e nas partes superiores do tronco. Wehr (1991), estudando as alterações nas características da madeira de *Eucalyptus grandis* em diversas idades, encontrou teores médios de extractivos totais variando de 4,1 a 8,5% e verificou que esta ampla variação possui uma correlação positiva com a idade da árvore.

Foi relatado um teor de extractivos maior na base de indivíduos da espécie *Acacia mangium* Willd. em um estudo realizado sobre o teor de extractivos solúveis em diferentes solventes, também foi constatado uma redução no teor de extractivos no sentido base para o topo, com maior teor de extractivos na base da *Mimosa tenuiflora* quando analisado o teor de extractivos em diferentes alturas (Gonçalves & Lelis, 2012; Nogueira, 2020). A ocorrência de um maior teor de extractivos na base do indivíduo, está atribuída ao maior teor de cerne neste, o aumento de cerne acompanha o avanço da idade do lenho, estando presente na base, já a madeira juvenil encontra-se nas partes mais altas, ou seja, no topo (Costa *et al.*, 2017).

Os teores de extractivos variam ao longo do tronco não somente em quantidade, mas também em composição. Por exemplo, no topo do tronco, há uma maior quantidade de células vivas (alburno) que resulta em maiores teores de glicerídeos e amido (substâncias de reserva) do que no cerne que está presente em maior proporção na base do tronco (Jansson & Nilvebrant, 2009).

A presença de extractivos na madeira pode conferir maior ou menor durabilidade, modificando a vida útil do material, mantendo suas propriedades físicas, mecânicas e químicas quando submetida a ação biótica e abiótica (Costa, 2016). De acordo Silva (2010), a madeira sólida devido a presença de certos grupamentos químicos dentro do grupo de extractivos, apresenta toxicidade e consequentemente, efeito repelente a organismos xilófagos.

A composição química das espécies caatinga apresentou uma média de teores de holocelulose de 59,63% ($\pm 0,49$) a 71,41% ($\pm 1,10$), lignina de 16,33% ($\pm 2,42$) a 23,11% ($\pm 0,16$) e de extractivos de 3,79% ($\pm 0,17$) a 11,38% ($\pm 0,48$) (**Figura 30**). Esses resultados estão de acordo com a literatura para folhosas, que diz que os teores de celulose variam de 55-80%, os de lignina de 18-25% e os de extractivos de 3-8%, podendo chegar a valores superiores a 10% na madeira de espécies de regiões tropicais (Klock *et al.*, 2013).

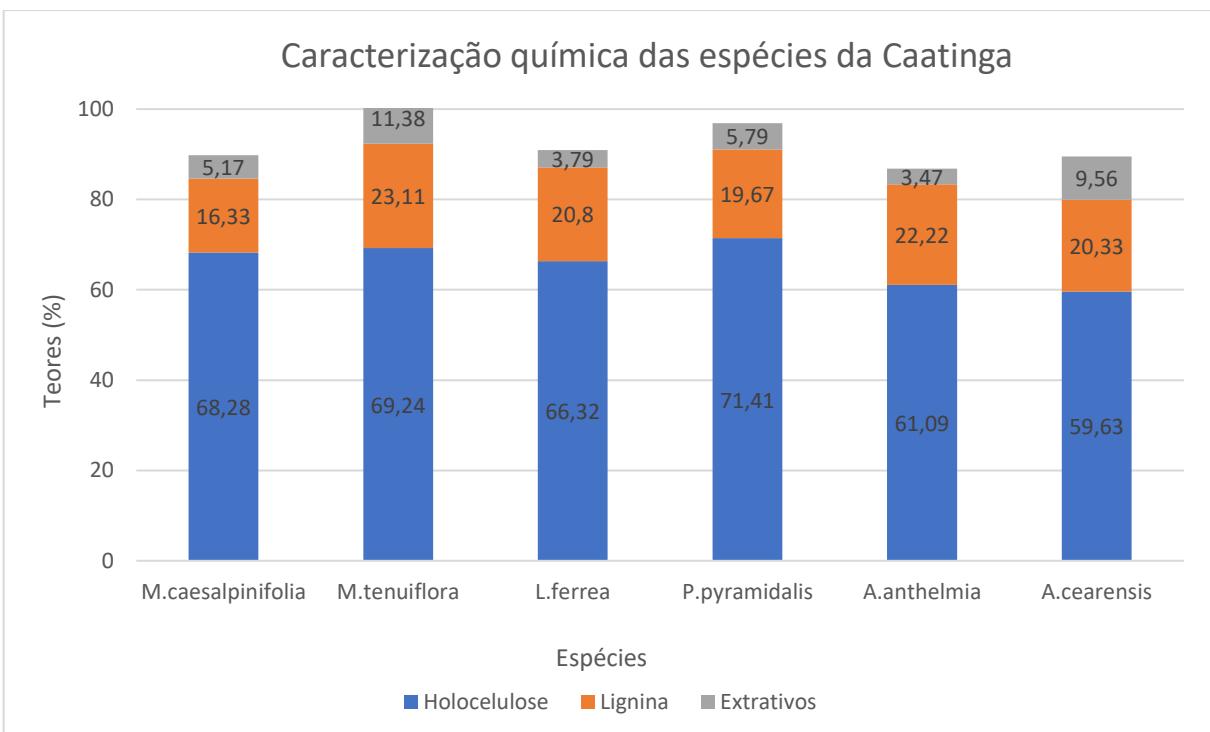


Figura 30. Esquema ilustrativo com as médias de holocelulose, lignina e extractos das espécies da Caatinga.

6.1.2.1. Caracterização química dos extractos da madeira das espécies nativas pertencentes ao bioma da Caatinga

Visando identificar as possíveis classes de compostos presentes nas espécies do bioma caatinga foi feita a análise dos extractos hidrofílicos (metanol) por espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier (FTIR), que é uma técnica de caracterização fitoquímica muito usada para análise de compostos bioativos presentes nos extractos vegetais (Silva *et al.*, 2021). Ao considerar os espectros no infravermelho e seus respectivos picos de absorção pode-se observar que estes foram muito parecidos ou praticamente iguais, sendo as principais diferenças relacionadas à intensidade das bandas, em função disso, a discussão que se segue é considerada válida para todas as amostras listadas na (**Figura 31**). O metanol é utilizado na extração de substâncias polares, esse solvente tem grande eficiência na extração de compostos fenólicos e flavonoides (Sanvido, 2015).

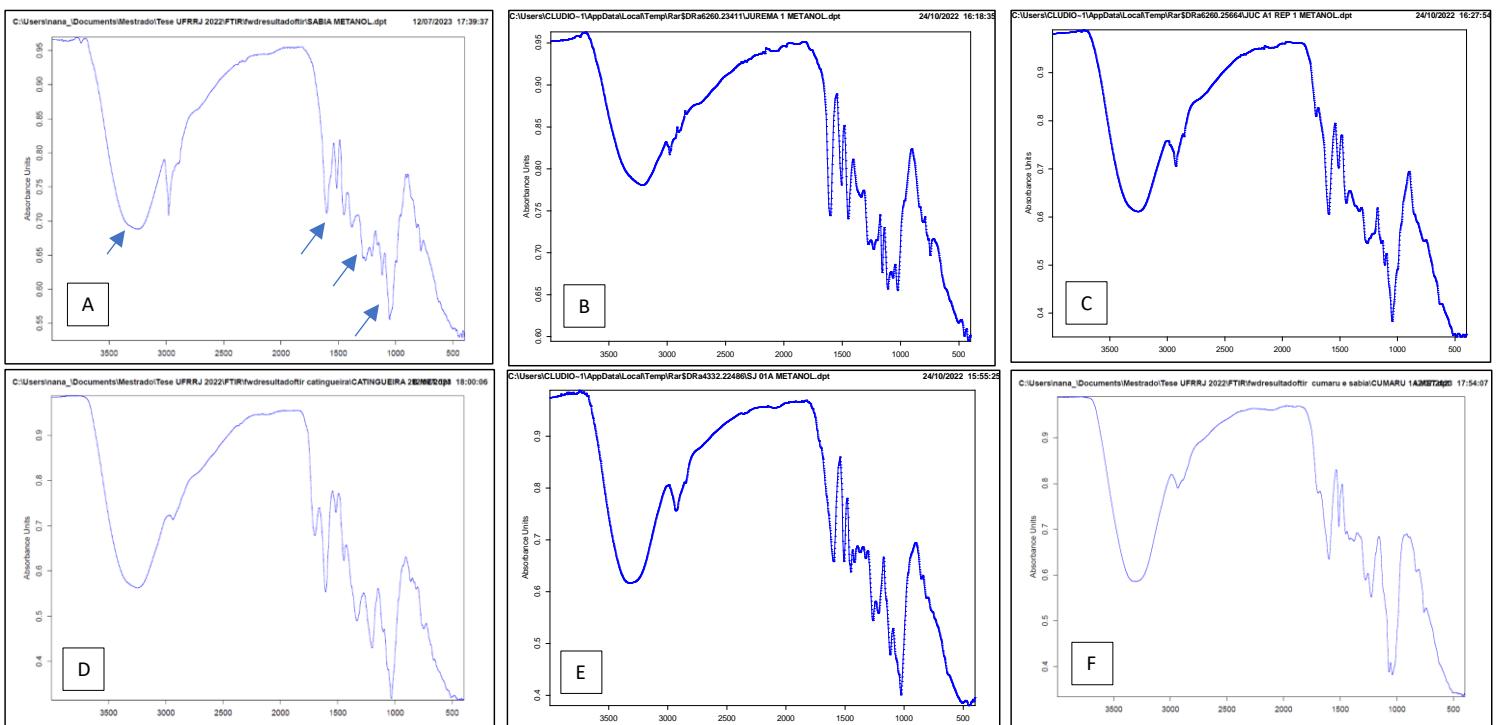


Figura 31. Espectros no FTIR dos extratos hidroalcólicos das espécies da Caatinga

Em que as letras representam as seguintes espécies: A = *M.caesalpinifolia*; B = *M.tenuiflora*; C = *L.ferrea*; D = *P.pyramidalis*; E = *A.anthelmia* e F = *A.cearensis*.

Em função da intensidade bandas observadas entre 3217 cm⁻¹ a 3319 cm⁻¹, relativa ao estiramento do grupo OH, pode-se deduzir a presença de substâncias hidroxiladas, como compostos fenólicos. As vibrações de estiramento N-H também ocorrem nessa faixa, sendo indicativa da presença de compostos nitrogenados como alcaloides (Silvério, 2008; Pavia *et al.*, 2010) (**Tabela 7**).

Foram detectadas também bandas em torno de 1600 cm⁻¹, 1513 cm⁻¹ e 1450 cm⁻¹, referentes ao estiramento da ligação C=C de anéis aromáticos, característico de compostos fenólicos presentes nos extratos vegetais (Silvério, 2008; Pavia *et al.*, 2010) (**Tabela 7**).

As bandas observadas de 1260 cm⁻¹ a 1023 cm⁻¹, são estiramentos vibracionais de grupo C-O dos álcoois e fenóis. Sendo as próximas de 1235 cm⁻¹ correspondente as vibrações em flavonoides e as 1115 cm⁻¹ atribuídas as vibrações em taninos (Oliveira *et al.*, 2016; Freire, 2020; Silva *et al.*, 2021) (**Tabela 7**).

Tabela 7. Picos de absorção das espécies da Caatinga

Frequência (cm ⁻¹)	Tipo de Vibração	Referência
3217 - 3319	Ligaçāo -OH; Estiramento -N-H	(SILVERIO, 2008; PAVIA <i>et al</i> , 2010)
1600, 1513, 1450	Estiramento C=C de compostos aromáticos	(SILVÉRIO, 2008; PAVIA <i>et al</i> , 2010).
1260 - 1023	Estiramento C-O dos álcoois e fenóis	(FREIRE, 2020)
1235 1115	Estiramento C-O em flavonóides Estiramento C-O em taninos	OLIVEIRA et al 2016; FREIRE, 2020; SILVA et al, (2021).

Nas análises espectrométricas acima (**Tabela 7**), foram detectados constituintes químicos, como compostos fenólicos e taninos, que são responsáveis por importantes propriedades farmacológicas e influenciam nas propriedades tecnológicas da madeira. A fim de explorar o conhecimento da constituição química e o potencial terapêutico das espécies da Caatinga foi realizada a prospecção fitoquímica (**Tabela 8**).

Tabela 8. Triagem fitoquímica em extrato hidrofílico das espécies da Caatinga

Constituintes	<i>M. caesalpinifolia</i>	<i>M.tenuiflora</i>	<i>L.ferrea</i>	<i>P.pyramidalis</i>	<i>A.anthelmia</i>	<i>A.cearensis</i>
Alcaloides	+	+	+	+	+	+
Taninos condensado	+	+	+	-	+	+
Taninos pirogálicos	-	-	-	+	-	-
Fenóis	+	+	+	+	+	+
Antocianinas e Antocianidinas	-	-	-	-	-	-
Flavonas, Flavonóis, Xantonas	+	-	-	+	-	+
Chalconas, Auronas	-	-	-	-	-	-
Flavanonóis	-	+	-	-	-	-
Leucoantocianidinas	+	+	+	+	+	-
Catequinas	-	-	-	-	-	+
Flavanonas	+	+	+	+	+	-
Flavonóis, Flavanonas, Flavanonóis e Xantonas	+	+	+	+	+	+
Esteróides	-	-	-	-	-	-
Triterpenóides	+	+	+	+	+	+
Saponinas	-	+	-	+	-	-
Resinas	-	-	-	-	-	-

A espécie *M.caesalpinifolia* apresentou resultados positivos para alcaloides, taninos, , leucoantocianidinas, flavonóis, flavanonas, flavanonóis, xantonas e triterpenóides (**Tabela 8**), resultados condizentes aos encontrados por Oliveira *et al* (2020) nas folhas, cascas e galhos (taninos, flavonas, flavonóis, xantonas, flavononóis, leucoantocianidas, catequinas e esteróides) da espécie. Oliveira *et al* (2020) ao quantificar o teor de taninos na *M.caesalpinifolia*, afirmou que esta é ótima fonte desse composto, além de possuir propriedades antioxidantes. A presença de flavonoides e taninos na espécie ressalta sua capacidade antioxidante, antimicrobiana, além de reduzir a taxa de reprodução da mosca-branca (Cavalcante *et al.*, 2006; Silva *et al.*, 2012; Oliveira *et al.*, 2020).

A espécie *M.tenuiflora* positivou para as determinadas classes de compostos, alcaloides, taninos, leucoantocianidinas, flavonóis, flavanonas, flavanonóis, xantonas, triterpenóides e saponinas (**Tabela 8**). Bezerra *et al* (2011) ao estudar a atividade antimicrobiana da espécie encontrou resultados parecidos, taninos, catequinas, leucoantocianidinas, flavonas, triterpenoides, saponinas e alcaloides. Paes *et al* (2006) quantificaram a os taninos da *M.tenuiflora* demonstrando que a espécie pode ser uma excelente alternativa a *A.colubrina*.

como fonte de taninos para os curtumes tradicionais da região nordeste. Devido as classes de compostos presentes na *M.tenuiflora* esta espécie apresenta propriedades antimicrobianas contra as bactérias *E.coli*, *S.pyogenes*, *P.mirabilis*, *S.sonnei*, *S.aureus* e fungos dermatófitos, além de atividades anti-inflamatória, antioxidante e anticolinesterásica (Almeida *et al.*, 2005; Gonçalves *et al.*, 2005; Neves, 2015).

As classes de compostos presentes no extrato hidrofílico de *L.ferrea* foram: alcaloides, taninos, leucoantocianidinas, flavonóis, flavanonas, flavanonóis, xantonas e triterpenóides (**Tabela 8**). Esses resultados assemelham-se aos encontrados por Luna *et al* (2020) na folha de *L.ferrea* (taninos, flavonoides, alcaloides, terpenos) ao estudar a ação antibacteriana da espécie contra *Staphylococcus aureus*. Gonzales (2005) encontrou no extrato bruto liofilizado do caule de *L.ferrea* a presença de flavonoides e taninos, sugerindo que essas classes influenciaram nas atividades antiulcerogênica, antioxidante e cicatrizante da espécie. Pavia (2021) ao estudar as propriedades antitumorais e anticolinesterásica de *L.ferrea*, encontrou a presença de flavonóides, antraquinonas e terpenos.

Entre os compostos presentes no extrato da madeira *P.pyramidalis* encontraram-se alcaloides, taninos, leucoantocianidinas, flavonóis, flavanonas, flavanonóis, xantonas, triterpenóides e saponinas (**Tabela 8**). Andrade (2019) identificou a presença de flavonoides, saponinas, triterpenos, taninos e esteroides nos extratos aquosos de ramos de *P.pyramidalis*, concluindo que esses compostos são promissores nos efeitos antioxidantes, antineoplásica e anti-inflamatório da espécie. Devido a sua composição química a *P.pyramidalis* apresenta ação antimicrobiana à *S. aureus*, *E. faecalis*, *P.aeruginosa*, *S. coagulase-negativa*, além de ser responsável pela malformação congênita, aborto e mortalidade perinatal em ovinos (Silva, 2012; Correia *et al.*, 2017).

A espécie *A.anthelmia* apresentou resultados positivos para alcaloides, taninos, , leucoantocianidinas, flavonóis, flavanonas, flavanonóis, xantonas e triterpenóides (**Tabela 8**). Silva *et al* (2005) ao estudar o extrato metanólico das raízes de *A.anthelmia* isolou uma isoflavona (biochanina A) e dois glicosídeos. O estudo fitoquímico de outras espécies do gênero *Andira* levaram a identificação de várias classes de metabólitos, entre elas, triterpenos, esteroides, flavonoides, ácidos fenólicos simples e isoflavonas (Almeida, 2007; Santos, 2012; Ferreira, 2013). O extrato bruto da casca da raiz de *A. anthelmia* apresentou propriedades anti-helmínticas e outras espécies do gênero *Andira* apresentaram ação antioxidantes, antiplasmódial, antimarialárica, citotóxica e antimicrobiana (Silva, 2003; Santos, 2012; Ferreira, 2013).

A espécie *A.cearensis* positivou para alcaloides, taninos, catequinas, flavonóis, flavanonas, flavanonóis, xantonas e triterpenóides (**Tabela 8**). Resultados condizentes com Queiroz *et al* (2022) que ao realizar a prospecção fitoquímica do extrato etanólico de *A.cearensis* encontrou a presença de alcaloides, flavonoides, taninos e cumarinas. Vários compostos já foram identificados e isolados da *A.cearensis*, entre eles, flavonóides (isocampferídeo, campeferol, afrormosina e quercitina), ácido protocatecuico, cumarinas, glicosídeos fenólicos (amburosídeo A e B) e triterpenoides (lupeol e esvaleno) (Negri *et al.*, 2004; Canuto *et al.*, 2010; Almeida *et al.*, 2010). O extrato de *A.cearensis* apresenta atividades anti-inflamatória, analgésica, antiespasmódica, antimicrobiana e brincodilatadora (Silveira & Pessoa, 2005; Peixoto *et al.*, 2016).**Tabela 1**

Todas as espécies estudadas do Caatinga apresentaram resultados positivos para as seguintes classes de compostos: alcaloides, taninos, flavonóis, flavanonas, flavanonóis, xantonas e triterpenoides (**Figura 32**).

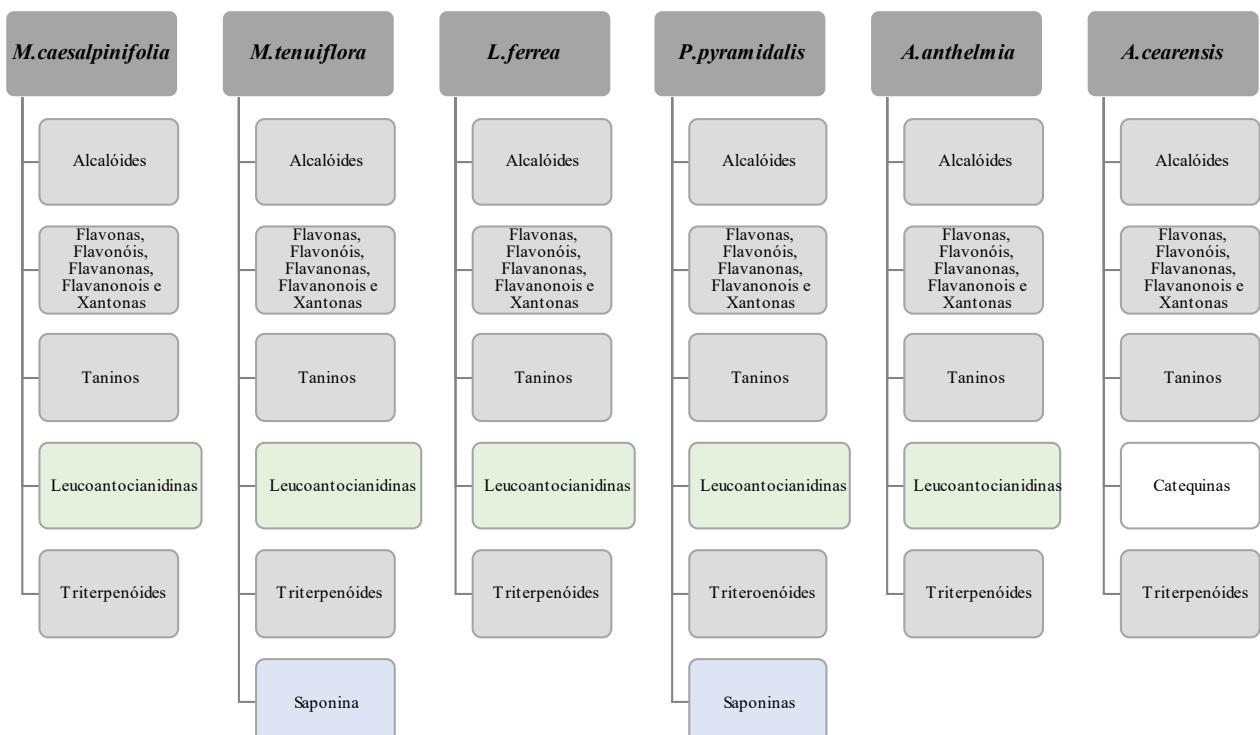


Figura 32. Classe de metabólitos presente nas espécies estudadas do bioma Caatinga
Em que: As classes com as mesmas cores convergiram entre as espécies

A classe dos alcaloides é constituída de mais de 15.000 metabólitos secundários nitrogenados, sendo encontrados em aproximadamente 20% das espécies vasculares. Praticamente, todos os alcaloides são tóxicos para humanos, quando ingeridos em quantidade suficientes, entretanto em doses mais baixas, muitos são farmacologicamente úteis, sendo utilizados como sedativos, estimulantes, tranquilizantes, anestésicos e analgésicos (Taiz & Zeiger, 2009).

Os polifenóis, especialmente os flavonoides (flavonóis, flavonas, flavanonas, catequinas, isoflavonas, leucoantocianidinas, flavanas) desempenham diversas funções nos vegetais, incluindo pigmentação e defesa. Os flavonoides exibem uma grande ação sobre os sistemas biológicos, demonstrando efeitos antimicrobiano, antiviral, antiulcerogênico, citotóxico, antineoplásico, antioxidante, antihepatóxico, anti-hipertensivo, hipolipidêmico, anti-inflamatório e antiplaquetário (Machado *et al.*, 2008; Taiz & Zeiger, 2009).

O termo taninos foi primeiramente usado para descrever compostos que poderiam ser utilizados no processo de curtimento, são uma classe com propriedades de defesa para o vegetal. Os taninos apresentam várias funções entre elas, são toxinas que reduzem significativamente a sobrevivência de herbívoros, atuam como repelentes alimentar fazendo com que mamíferos evitem as plantas ou parte delas com esse composto. Além de evitar a decomposição por fungos e bactérias. Previnem a peroxidação de lipídeos, degradação de nucleotídeos e aceleram o processo de cicatrização. (Pietta, 2000; Panizza *et al.*, 1988; Taiz & Zeiger, 2009).

Os terpenos ou terpenoides constituem a maior classe de metabólitos secundários, são toxinas e inibidores de forrageio para muitos insetos e mamíferos. Os terpenoides apresentam ações ansiolítica, antinociceptiva e sedativa, antitumoral, antimicrobiana, anti-inflamatória, antiviral e antidiurética (Taiz & Zeiger, 2009; Neves, 2015).

Todas as espécies, exceto *A.cearensis*, positivaram para metabólito leucoantocianidinas (**Figura 32**), esse composto atua como antioxidante, prevenindo a aterosclerose e o

desenvolvimento de doenças cardiovasculares. A leucoantocianidina de *Vitis vinefera* reduziu a esteatose hepática e triglicerídeos em coelhos (Dornas *et al.*, 2010; Bispo, 2011).

As saponinas estão presentes nas espécies *M.tenuiflora* e *P.pyramidalis* (**Figura 32**), estes compostos possuem ação detergente e emulsificante, possuem atividades hemolíticas, moluscicida, anti-inflamatória, antifúngica, antibacteriana, antiparasitária, antitumoral e antiviral (Fernandes *et al.*, 2019).

Somente a espécie *A.cearencis* positivou para a presença de catequinas (**Figura 32**), essa classe de compostos é atrelada aos mecanismos anticancerígenos, inibindo o crescimento e proliferação de células tumorais, além de apresentar atividades antioxidantes, quimioprotetora, termogênicas, anti-inflamatória (Schmitz *et al.*, 2005; Ventura *et al.*, 2023).

A identificação dessas classes de metabólitos secundários nas espécies da Caatinga, nos permite explorar outras utilizações econômicas desse bioma, além do emprego da madeira para fins energéticos a obtenção de taninos, que é muito expressivo na região.

7. CONCLUSÃO

Os teores de holocelulose, lignina e extractivos totais encontrados na caracterização química das espécies da Mata Atlântica e da Caatinga estão em consonância com os valores médios para folhosas e em espécies da família Fabaceae.

A espectroscopia de FTIR permitiu identificar os grupos funcionais presentes nos extractos hidrofílicos das madeiras da Mata Atlântica e da Caatinga (compostos fenólicos e taninos).

A prospecção fitoquímica do extrato hidrofílico das espécies estudadas permitiu identificar diversas classes de metabólitos secundários e suas possíveis aplicações.

Todas as espécies estudadas do bioma da Mata Atlântica apresentaram em seus extractos hidrofílicos compostos fenólicos, flavonoides e alcaloides.

Todas as espécies estudadas da Caatinga apresentaram em seus extractos hidrofílicos compostos fenólicos, flavonoides, taninos, alcaloides e triterpenoides.

De modo geral, o conhecimento do perfil químico das espécies da Mata Atlântica e da Caatinga tem grande relevância, pois tem influência nas propriedades tecnológicas e no potencial terapêutico, permitindo assim o uso mais adequado da madeira propriamente dita.

8. RECOMENDAÇÕES

Recomenda-se que análises posteriores sejam realizadas partir dos extractos hidrofílicos das madeiras das espécies da Mata Atlântica e Caatinga estudadas, a fim de identificar e isolar as substâncias com potencial terapêutico presentes nos extractivos.

9. BIBLIOGRAFIA

A MATA ATLÂNTICA. **Dossiê mata atlântica.** São Paulo, 1992. 119p.

ABREU, H. S.; CARVALHO, A. M.; MONTEIRO, M. B. O.; PEREIRA, R. P. W.; SILVA, H. R.; SOUZA, K. C. A.; AMPARO, K. F.; CHALITA, D. B. Métodos de análise química da madeira (Métodos de análise química utilizados no Laboratório de Química da Madeira do Departamento de Produtos Florestais do Instituto de Florestas da UFRRJ). **Série Técnica Floresta e Ambiente**, p. 1–20, 2006.

AHMAD, F.; ANWAR, F.; HIRA, S. Review on medicinal importance of fabaceae family. **Pharmacologyonline**, v. 3, p. 151–156, 2016

ALMEIDA, A. M. C. D.; OLIVEIRA, E. D.; CALEGARI, L.; MEDEIROS, P. N. D.; PIMENTA, A. S. Avaliação físico-química e energética da madeira das espécies *Piptadenia stipulacea* (benth.) Ducke e *Amburana cearensis* (Allemano) A. C. Smith de ocorrência no semiárido nordestino brasileiro. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 1, p. 165-173, 2015.

ALMEIDA, C. F. C. B. R.; LIMA E SILVA, T. C.; AMORIM, E. L. C.; MAIA, M. B. S.; ALBUQUERQUE, U. P. Life strategy and chemical composition as predictors of the selection of medicinal plants from the Caatinga (Northeast Brazil). **Journal of Arid Environments**, v. 62, n. 1, p.127-142, 2005.

ALMEIDA, G. N. D. **Durabilidade natural de estacas de sabiá (*Mimosa Caesalpiniifolia* Benth.) em campo de apodrecimento.** 2018. Monografia – Universidade Federal Rural do Semi-árido. Disponível: <https://repositorio.ufersa.edu.br/items/8411b278-aaa9-4041-aab5-939c3147c60f>.

ALMEIDA, J. G. L. D. **Contribuição ao conhecimento químico de plantas do nordeste: *Andira surinamensis* e *Piper divaricatum*.** 2007. Dissertação (Mestrado em Química Orgânica) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, 2007.

ALMEIDA, J. R. G. S.; GUIMARÃES, A. G.; QUINTANS, J. D. S. S.; SANTOS, M. R. V.; LIMA, J. T.; NUNES, X. P.; QUINTANS-JÚNIOR, L. J. *Amburana cearensis*: uma revisão química e farmacológica. **Scientia Plena**, Aracaju, v. 6, n. 11, nov. 2010. Disponível em: <<http://www.scientiaplena.org.br/ojs/index.php/sp/article/view/106>>. Acesso em: 7 jun. 2024.

AMANCIO ALVES, J. J.; ARAÚJO, M. A.; NASCIMENTO, S. S. Degradação da Caatinga: Uma investigação ecogeográfica. **Revista Caatinga**, Mossoró-RN, v. 22, n. 3, pp. 126-135, 2009. UFERSA.

AMORIM, G. A.; DOS SANTOS JUNIOR, A. J.; JACOBEM, R. A.; CÂMARA, A. P.; PEREIRA, A. K. S.; JÚNIOR, A. F. D. Madeiras neotropicais de plantios de restauração florestal como matéria-prima de múltiplos produtos. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v. 26, n. 48, 2023.

ANDO, S. The Antifoams for Pulp and Paper Industry - Defoaming Technology in the Pulp and Paper Industry. **Japan Tappi Journal**, Tokyo, v. 53, n. 9, p. 1126-1132. 1999.

ANDRADE, C. A.; SILVA, V. C.; PEITZ, C.; MIGUEL, M. D.; MIGUEL, O. G.; KERBER, V. A. Revisão do gênero *Acacia* - atividades biológicas e presença de fenóis derivados do núcleo flavânico. **Visão Acadêmica**, v. 4, p. 47, 2003.

ANDRADE, H. F. D. **Caracterização fitoquímica do extrato aquoso de *Caesalpinia pyramidalis* e avaliação de atividades biológicas.** 2019. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2019.

APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; CARMELLO-GUERREIRO, S.M. (Eds.) **Anatomia vegetal.** 2a Ed. Viçosa: Editora UFV, 2006.

ASSUMPÇÃO, R. M. V.; SILVA, S. M. K.; GOTTLIER, O. R. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 1968.

BARBOSA, A. P. et al. Leguminosas Florestais da Amazônia Central. I. Prospecção das Classes de Compostos Presentes na Casca de Espécies Arbóreas. **Revista Fitoss Eletrônica**, v. 1, n. 03, p. 47-57, 2013.

BARBOSA, L. C. A. Composição química de extractos lipofílicos e polares de madeira de *Eucalyptus grandis*. **Sci Eng J**, v. 14, p. 13-19, 2005.

BARROS, F. B. et al. Prospecção fitoquímica, atividade hemaglutinante e inseticida dos extractos salinos das sementes de Tamboril (*Enterolobium contortisiliquum*) Vell. Morong (Fabaceae) sobre o *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). **Brazilian Journal of Biology**, v. 83, e274635, 2023.

BESSA, N. G. F. et al. Prospecção fitoquímica preliminar de plantas nativas do cerrado de uso popular medicinal pela comunidade rural do assentamento vale verde-Tocantins. , v. 15, p. 692-707, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-05722013000500010>

BEZERRA, D. A. C. et al. Abordagem fitoquímica, composição bromatológica e atividade antibacteriana de *Mimosa tenuiflora* (Wild) Poiret e *Piptadenia stipulacea* (Benth) Ducke. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 33, n. 1, p. 99-106, 2011.

BFG (The Brazil Flora Group) 2021. Flora do Brasil 2020. 1-28 pp. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. <http://doi.org/10.47871/jbrj2021001>.

BISPO, R. F. M., et al. **Efeitos da leucoantocianidina de uva sobre a camada subendotelial arterial em coelhos albinos (*Oryctolagus cuniculus*) submetidos à arteriosclerose experimental.** 2019. 94 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Saúde) – Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde, Programa de Pós Graduação em Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2011.

BOTOSO, P. C. **Identificação macroscópica de madeiras: guia prático e noções básicas para o seu reconhecimento.** Embrapa Florestas, 2011.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Biomass Brasileiros: Caatinga.** Disponível em: <<https://antigo.mma.gov.br/biomass/caatinga.htm>>. Acesso em: 01 jul. 2024.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Biomass Brasileiros: Caatinga.** Disponível em:<<https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/biodiversidade-ecossistemas/ecossistemas/biomass/caatinga>>. Acesso em: 01 jul. 2024

BRUICE, P. Y. **Organic Chemistry**. 4. ed. USA: Pearson, 2006.

BUDOWSKI, G. Distribution of tropical american rain forest species in the light of sucessional processes. **Turrialba**, v. 15, n. 1, p. 40-42, 1965.

BUFALINO, L.; PROTÁSIO, T. P.; COUTO, A. M.; NASSUR, O. A. C.; DE SÁ, V. A.; TRUGILHO, P. F.; MENDES, L. M. Caracterização química e energética para aproveitamento da madeira de costaneira e desbaste de cedro australiano. **Pesquisa Florestal Brasileira**, [S. l.], v. 32, n. 70, p. 129, 2012.

CANUTO, K. M.; SILVEIRA, E. R.; BEZERRA, A. M. E. Estudo fitoquímico de espécimens cultivados de cumaru (*Amburana cearensis* AC Smith). **Química Nova**, v. 33, p. 662-666, 2010.

CARVALHO, Ana Carolina de. **Potencial energético da madeira de espécies florestais em área sob manejo sustentável, após corte raso, no Rio Grande do Norte**. 2018. 55f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018.

CARVALHO, P. E. R. *Coração-de-negro: Poecilanthe parviflora*. 2003.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**, v.1. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/305634>>. Acesso em: 04 jul. 2024

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**, v.2. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/305634>>. Acesso em: 04 jul. 2024

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**, v.3. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/305634>>. Acesso em: 04 jul. 2024

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**, v.4. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2010. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/305634>>. Acesso em: 04 jul. 2024

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**, v.5. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2014. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/305634>>. Acesso em: 04 jul. 2024.

CARVALHO, P. E. R. Pau-ferro: *Caesalpinia ferrea* var. *parvifolia*. 2003.

CARVALHO, P. E. R. Sabiá-Mimosa *caesalpiniifolia*. 2007.

CASTRO, M. C. M. de et al. Propriedades tecnológicas das madeiras de *Dipterocarpus purpurea* (Rich.) Amshoff e *Andira parviflora* Ducke. **DELOS: Desarrollo Local Sostenible**, v. 16, n. 47, pp. 2782-2801, 2023.

CASTRO, M R; FIGUEIREDO, FF. Saberes tradicionais, biodiversidade, práticas integrativas e complementares: o uso de plantas medicinais no SUS. **Hygeia: Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, v. 15, n. 31, p. 56, 2019.

CAVALCANTE, G. M.; MOREIRA, A. F. C.; VASCONCELOS, S. D. Potencialidade inseticida de extratos aquosos de essências florestais sobre mosca-branca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 9-14, 2006.

CAVINATO, C. D. **Avaliação da estabilidade térmica e da cinética de degradação de espécies de madeiras provenientes da região amazônica**. 2018. 49 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Química) - Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2018.

CHAGAS, A. P. et al. Leguminosae-caesalpinoideae do parque estadual paulo césar vinha, Espírito Santo, Brasil. **Rodriguesia**, v. 65, n. 1, p. 99–112, 2014.

CESARINO, E. C.; GOMES, J. D. S.; LESSA, E. V.; CARVALHO JUNIOR, A. R.; VIEIRA, I. J. Composição química e atividade antioxidante de *Acacia polyphylla* (Fabaceae). **Rev. Virtual Quim.**, v. 12, n. 2, p. 424-432, 2020.

CINTRA, T. C., **Avaliações energéticas de espécies florestais nativas plantadas na região do Médio Paranapanema**, SP. 2009. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

CIPRIANO, D. F. **Análise quantitativa dos teores de lignina e celulose em materiais de biomassa por RMN de 13C no estado sólido**. 127 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Física do Centro de Ciências Exatas, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2015

CORREIA, D. A. D. B.; GOMES, D. L. D. S.; TORRES, M. B. A. D. M. Malformações congênitas e abortos induzidos experimentalmente pela ingestão de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) LP Queiroz (catingueira) em ovelhas. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 37, p. 1430-1436, 2017.

COSTA, A. S. V. Identificação de substâncias secundárias presentes em leguminosas utilizadas como adubo verde. **Ceres**, v. 42, n. 244, p. 585-598, 1995.

COSTA, C. A. D. **Caracterização química e macroscópica da madeira de dez espécies amazônicas expostas ao intemperismo natural**. 2016.

CTFB. Catálogo Taxonômico da Fauna do Brasil. Disponível em: <<http://fauna.jbrj.gov.br/fauna/faunadobrasil/2>>. Acesso em: 27 Ago. 2023

DORNAS, W. C. et al. Experimental Atherosclerosis in Rabbits. **Arq. Bras. Cardiol.**, São Paulo, v. 95, n. 2, p. 272-278, 2010. ISSN 0066-782X.

DRUMOND, M. A.; KIILL, L. H. P.; LIMA, P. C. F.; OLIVEIRA, M. C.; OLIVEIRA, V. R.; ALBUQUERQUE, S. G.; NASCIMENTO, C. E. S.; CAVALCANTI, J. **Avaliação e identificação de ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade do bioma Caatinga**. 2000. Petrolina-PE, Brasil.

EBRAHIMI, F. M. J, TORBATI M, KARIMI P, VALIZADEH H. Hemostatic activity of aqueous extract of *Myrtus communis* L. leaf in topical formulation: in vivo and in vitro evaluations. **Journal of ethnopharmacology**, v. 249, p. 112398, 2020. Disponível: doi:10.1016/j.jep.2019.112398.

FENGEL, W. A. & WEGENER, G. **WOOD: Chemistry, Ultrastructure, Reaction.** Walter de Gruyter. New York. 1984.

FERNANDES, B. F.; GONÇALVES, H. R.; GUIMARÃES, M. R.; ALVES, A. A.; BIESKI, I. G. C. Estudo etnofarmacológico das plantas medicinais com presença de saponinas e sua importância medicinal. **Revista da Saúde da AJES**, v. 5, n. 9, 2019.

FERNANDES, P. R. D., et al. **Ensaios fitoquímicos em extratos de *Aspidosperma pyrifolium*.** In: IX CONGIN (Congresso de iniciação científica do IFRG), 2012.

FERREIRA, A. V. D. **Caracterização química e potencial antimalárico de *Andira nitida* Mart. ex Benth.** 2013. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Ciências Farmacêuticas, Universidade Federal de Juiz de Fora, 2013,

FERREIRA, F. G. et al. Avaliação de mutagenicidade e antimutagenicidade de diferentes frações de *Pterogyne nitens* (Leguminosae), utilizando ensaio de micronúcleo em *Tradescantia pallida*. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 19, p. 61-67, 2009.

FREIRE, J. D. S. **Perfil fitoquímico, atividade antioxidante e citogenotoxicidade da catingueira (*Poincianella bracteosa* (Tul.) LP Queiroz).** 2020. 98 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Química) - Universidade Estadual do Piauí, Teresina, 2020.

FREIRE, N. C. F. **Atlas das caatingas: o único bioma exclusivamente brasileiro.** Fundação Joaquim Nabuco, Editora Massangana, 2018.

FUNCATE. Fundação de Ciências, Aplicações e Tecnologias Espaciais. Mapa de vegetação nativa na áreas de aplicação da lei nº 11.428/2006 - Lei da Mata Atlântica, ano base 2009. São José dos Campos, SP. 2015.

GOMATHI, S.; MANEEMEGALAI, S. Isolation, characterization of β-Sitosterol from the herbal extracts and evaluation of in vitro anti-oxidant and anti-diabetic activities. **Journal of microbiology, biotechnology and food sciences**, v. 13, n. 4, p. e10236-e10236, 2024.

GOMIDE, J. L. et al. Caracterização tecnológica, para produção de celulose, da nova geração de clones de Eucalyptus do Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 129-137, 2005.

GOMIDE, J. L.; COLODETTE, J. L. Qualidade da madeira. In: BOREM, A. Biotecnologia Florestal. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2007. p. 25-54.

GONÇALVES, A. L.; ALVES FILHO, A.; MENEZES, H. Estudo comparativo da atividade antimicrobiana de extratos de algumas árvores nativas. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 72, n. 3, p. 353-358, 2005.

GONÇALVES, C. A.; FERNANDES, M. M.; ANDRADE, A. M. Celulose e carvão vegetal de *Mimosa caesalpiniaefolia* Bentham (sabiá). **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 6, n. 1, p. 51-58, 1999.

GONÇALVES, C. D. A., LELIS, R. C. C., ABREU, H. D. S. Caracterização físico-química da madeira de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.). **Revista Caatinga**, v. 23, n. 1, p. 54-62, 2010.

GONÇALVES, F. G.; LELIS, R. C. C. Caracterização tecnológica da madeira de *Acacia mangium* Willd em plantio consorciado com eucalipto. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 3, p. 286-295, 2012.

GONÇALVES, F. G.; PINHEIRO, D. T. C.; PAES, J. B.; CARVALHO, A. G. D.; OLIVEIRA, G. D. L. Durabilidade natural de espécies florestais madeireiras ao ataque de cupim de madeira seca. **Floresta e Ambiente**, v. 20, p. 110-116, 2013.

GONZALEZ, F. G. **Estudo farmacognóstico e farmacológico de *Caesalpinia ferrea Martius***. 2005. Tese (Doutorado em Insumos Farmacêuticos) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005. doi:10.11606/T.9.2005.tde-09042014-140127. Acesso em: 25 jun. 2024.

GOTTLIEB, O.R. New and Underutilized Plants in the Americas: Solution to Problems of Inventory Through Systematics. **Interciência**, v.6, n. 1, p. 22-29, 1981.

GREINWALD, R.; BACHMANN, P.; LEWIS, G.; WITTE, L.; CZYGAN, F. C. Alkaloids of the genus *Poecilanthe* (Leguminosae: Papilionoideae). **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 23, n. 5, p. 547-553, 1995.

HARBORNE, J. B. **Methods in Plant Biochemistry**, Plant Phenolics. 1989.

HARBORNE, Jeffrey B.; WILLIAMS, Christine A. Advances in flavonoid research since 1992. **Phytochemistry**, v. 55, n. 6, p. 481-504, 2000.

HORN, H. S. The ecology of secondary succession. **Ann. Rev. Ecol. Syst.**, v.5, p.25-37, 1974.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Biomass and coastal-marine system of Brazil: compatible with scale 1:250,000**. Rio de Janeiro: Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 2019. 168 p. (Relatórios metodológicos, v. 45). Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/12789-asi-ibge-lanca-o-mapa-de-biomassas-do-brasil-e-o-mapa-de-vegetacao-do-brasil-em-comemoracao-ao-dia-mundial-da-biodiversidade>>. Acesso em: 04 jul. 2024.

JANSSON, M. B.; NILVERBRANT, N. O. Wood extractives. In: EK, M.; GELLERSTEDT, G.; HENRIKSSON, G. (Eds.). **Pulp and Paper Chemistry and Technology**. Volume 1. Berlin: De Gruyter, 2009. p. 147-171.

JARDIM BOTÂNICO DO RIO DE JANEIRO – JBRJ. Flora do Brasil 2020. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>. Acesso em: 28/06/2024.

JÚNIOR J. J. A., SMILJANIC, K. B. A., DE LIMA NETTO, A. M., LIMA, L. I. O., PINTO, L. S., & SILVA, R. F. Plantas tóxicas de importância pecuária na região de Perolândia–Go Toxic plants of livestock importance in the region of Perolândia–Go. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 7, p. 74029-74045, 2021.

KHAN, M.; KHAN, A. U.; RAFATULLAH, M.; ALAM, M.; BOGDANCHIKOVA, N.; GARIBO, D. Search for effective approaches to fight microorganisms causing high losses in agriculture: application of *P. lilacinum* metabolites and mycosynthesised silver nanoparticles. **Biomolecules**, v. 12, n. 2, p. 174, 2022.

KLOCK, U.; et al; **Tecnologia de celulose e papel: Química da madeira.** Universidade Federal do Paraná, setor de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal, 3 ed., 2005.

LANGENHEIM, J. H.; STUBBLEBINE, W.; FOSTER, C.; NASCIMENTO, J. C. Estudos comparativos da variabilidade na composição da resina da folha entre árvore parental e progênie de espécies selecionadas de *Hymenaea*. I. Comparação de populações amazônicas e venezuelanas. *Acta Amazonica*, v. 7, p. 335-354, 1977

LEAL, I. R.; SILVA, J. D.; TABARELLI, M.; LACHER JR, T. E. Mudando o curso da conservação da biodiversidade na Caatinga do Nordeste do Brasil. **Revista Megadiversidade**, Recife-PE v. 1, n. 1, pp 139-146. 2005. UFPE.

LEAL, I. R.; TABARELLI. M.; SILVA, J. M. C. **Ecologia e Conservação da Caatinga: Uma introdução ao desafio.** Editora Universitária UFPE. 2005. Recife-PE, Brasil.

LEITE, K. M. **Busca de atividade leishmanicida de substâncias obtidas de plantas.** 2012. 45 f. Trabalho de conclusão de curso (Farmácia-Bioquímica) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Farmacêuticas, 2012.

LOIOLA, M. I. B.; PATERNO, G. B. de C.; DINIZ, J. A.; CALADO, J. F.; OLIVEIRA, A.C. P. de. Leguminosas e seu potencial de uso em comunidades rurais de São Miguel do Gostoso – RN. *Revista Caatinga*, Mossoró, v. 23, n. 3, 2010.

LOPES, G. C. et al. Determinação quantitativa de taninos em três espécies de *Stryphnodendron* por cromatografia líquida de alta eficiência. **Brazilian Journal Of Pharmaceutical Sciences**, São Paulo, v. 45, n. 1, p. 135-143, 2009

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil.** 1. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 384 p, 2009.

LUNA, M. S. M. et al. Bioprospection of *Libidibia ferrea* var. *ferrea*: Phytochemical properties and antibacterial activity. **South African Journal of Botany**, v. 130, p. 103–108, 2020.

MACHADO, H.; NAGEM, T. J.; PETERS, V. M.; FONSECA, C. S.; OLIVEIRA, T. T. Flavonóides e seu potencial terapêutico. **Boletim do Centro de Biologia da Reprodução**, Juiz de Fora, v. 27, n. 1/2, p. 33-39, 2008.

MAIA, G. N. Caatinga:árvore e arbustos e suas utilidades. 2. ed. Fortaleza: **Printcolor Gráfica e Editora**, 413 p, 2012.

MAIA-SILVA, C.; SILVA, C. I.; HRNCIR, M.; QUEIROZ, R. D.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. **Guia de plantas visitadas por abelhas na Caatinga.** Fundação Brasil Cidadão, Fortaleza, 2012.

MATIAS, J. R., SILVA, F. F. S., DANTAS, B. F.. Catingueira-verdadeira *Poincianella pyramidalis* [Tul.] LP Queiroz. **Nota Técnica**, n. 06, 2017.

MATOS, F. J. de A. **Introdução à fitoquímica experimental.** 2. ed. Fortaleza: EUFC, 1997.

MEDEIROS, P. N.D., OLIVEIRA, E. D., CALEGARI, L., ALMEIDA, A. M. C. D., PIMENTA, A. S., CARNEIRO, A. D. C. O. Características físico-químicas e energéticas de duas espécies de ocorrência no semiárido brasileiro. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 3, p. 579-588, 2012.

MELLO, JPC; SANTOS, S. C. **Em Farmacognosia: da planta ao medicamento;** Simões, CMO; Schenckel, EP, orgs. UFSC: Porto Alegre, 2010

MIRANDA, M. L. D; GARCEZ, F. R.; GARCEZ, W. S. Triterpenos e outros constituintes dos frutos de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong (Fabaceae). **Revista Virtual de Química**, v. 7, n. 6, p. 2597-2605, 2015.

MITTERMEIER, R.A.; MYERS, N.; GIL, P.R.; MITTERMEIER, C.G. **Hotspots:** earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions. Monterrey: Conservation International; CEMEX, 1999. 431 p.

MONTEIRO, J.M., ALBUQUERQUE, U.P., ARAUJO, E.L. Tannins: from chemistry to ecology. **Química Nova**, v.28, n.5, p. 892-896,2005.

MORI, F. A., MENDES, L. M., TRUGILHO, P. F., & CARDOSO, M. D. G. Utilização de eucaliptos e de madeiras nativas no armazenamento da aguardente de cana-de-açúcar. **Food Science and Technology**, v. 23, p. 396-400, 2003.

MOURA, P. A. **Screening das atividades antioxidantes e anticoagulantes de plantas do bioma Caatinga.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco. 2015.

MYERS, N., MITTERMEIER, R.A., MITTERMEIER, C.G., FONSECA, G.A.B, KENTS, J.Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v.403, p.853-858, 2000.

NEGRI, G.; OLIVEIRA, A. F. M.; SALATINO, M. L. F.; SALATINO, A. Chemistry of the stem bark of *Amburana cearensis* (Allemao) AC SM. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 6, p. 1-4, 2004

NEVES, L. E. P. **Identificação de compostos voláteis associados à maturação de cerveja em madeira.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2021.

NEVES, M. D. S. **Estudo fitoquímico e avaliação da atividade anticolinesterásica de extratos da casca da raiz da *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poiret.** 2015.

NOGUEIRA, S. S. **Caracterização química, física, colorimétrica e durabilidade natural da *Mimosa tenuiflora*.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2020.

OHSAKI, A.; TAKASHIMA, J.; CHIBA, N.; KAWAMURA, M. Microanalysis of a selective potent anti-Helicobacter pylori compound in a Brazilian medicinal plant, *Myroxylon perufiferum* and the activity of analogues. **Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters**, v. 9, p.1109-1112, 1999.

OLIVEIRA, A. M. et al. Evaluation of micronuclei frequency in *Tradescantia pallida* pollen mother cells treated with ethanolic extracts isolated from *Cryptocarya mandiocana*,

Cryptocarya moschata and *Pterogyne nitens*. **Revista Brasileira de Toxicologia**, v. 20, n. 1, p. 73-78, 2007.

OLIVEIRA, E. DE. **Características anatômicas, químicas e térmicas da madeira de três espécies de maior ocorrência no semi-árido nordestino.** 2003. 149 f. Tese (Pós Graduação em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2003.

OLIVEIRA, J. B. D. **Avaliação da degradação térmica da biomassa vegetal pau ferro por análise termogravimétrica (TGA).** 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2021.

OLIVEIRA, J. C. G. de; LINHARES, M. G.; LINHARES, L. G.; CÂMARA, L. M. A.; BERTINI, L. M.; ALVES, L. A. Capacidade antioxidante e caracterização fitoquímica de *Mimosa caesalpiniaefolia*. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, e915986555, 2020.

OLIVEIRA, V. B.; ZUCHETTO, M.; OLIVEIRA, C. F.; PAULA, C. S.; DUARTE, A. F. S.; MIGUEL, M. D.; MIGUEL, O. G. Efeito de diferentes técnicas extrativas no rendimento, atividade antioxidante, doseamentos totais e no perfil por CLAE-DAD de *Dicksonia sellowiana* (Presl.) Hook, Dicksoniaceae. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 18, p. 230-239, 2016.

PAES, J. B. et al. Viabilidade técnica dos taninos de quatro espécies florestais de ocorrência no SemiÁrido Brasileiro no curtimento de peles. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 4, p. 453-462, 2006.

PAES, J. B.; DINIZ, C. E. F.; MARINHO, I. V.; LIMA, L.R. A.; LIMA, C. R.; AZEVÊDO, T. K. B. Avaliação do potencial tanífero de seis espécies florestais de ocorrência no Semi-árido brasileiro. **Cerne**, v. 12, n. 3, p. 232-238, 2006.

PAES, J. B.; LIMA, C. R. D.; OLIVEIRA, E. D.; MEDEIROS NETO, P. N. D. Características físico-química, energética e dimensões das fibras de três espécies florestais do semiárido brasileiro. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 20, p. 550-555, 2013.

PAIVA, C. F. D. **Estudo químico e farmacológico de plantas da caatinga: Cenostigma Pyramidale Gagnon & GP Lewis E Libidibia Ferrea LP Queiroz.** 2021. 114 f. Tese (Doutorado em Biotecnologia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2021.

PALUMBO, C. F. G.; GARDIN, N. E.; NAKAMURA, U. M. *Erythrina mulungu* Mart. ex Benth e *Erythrina velutina* Willd: aspectos farmacológicos e perspectiva antroposófica de plantas brasileiras. **Arte Med Ampl**, v. 36, n. 4, p. 152-161, 2016.

PANIZZA, S. et al. *Strypnodendron barbadetiman* (vellozo) martius: teor em tanino na casca e sua propriedade cicatrizante. **Revista de Ciências Farmacêuticas**, v. 10, n. 1, p. 101-106, 1988.

PAREYN, F. G. C. et al. ***Amburana cearensis: Amburana-de-cheiro.*** (Ed.). Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro: região Nordeste. Brasília, DF: MMA, 2018. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1103192>

PASQUINI-NETTO, H. et al. Avaliação das atividades antioxidante, anti e pró-hemolítica do extrato etanólico das folhas de *Pterogyne nitens* Tul. (Fabaceae-Caesalpinioideae). **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 14, p. 666-672, 2012.

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

PAVIA, D. L.; LAMPMAN, G. M.; KRIZ, G. S.; VYVYAN, J. R. **Introdução à espectroscopia**: Tradução da 4^a edição norte-americana. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

PEIXOTO, R. D. M.; SILVA, W. E. L. E.; ALMEIDA, J. R. G. S.; BRANCO, A.; COSTA, M. M. D. Antibacterial potential of native plants from the caatinga biome against *Staphylococcus* spp. isolates from small ruminants with mastitis. **Revista Caatinga**, v. 29, n. 3, p. 758-763, 2016.

PEREIRA, A. K. S., Longue, D., Mafra, C. D. S., Colodette, J. L., & Gomes, F. J. B. Determinação da composição química e potencial de polpação da madeira *Pterogyne nitens* Tul. **Ciência Florestal**, v. 29, n. 4, p. 1490-1500, 2019.

PEREIRA, K. N. **Qualidade da superfície da lâmina de madeira de figueira (*Ficus spp.*) submetida a tratamentos de acabamentos**. 33 f., il. Monografia (Bacharelado em Engenharia Florestal) Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

PEREIRA, R. Atividade antimicrobiana e antioxidante de metabólitos bioativos e óleo essencial de plantas da caatinga: *Myroxylon peruferum* Lf e *Combretum leprosum*. 2018.

PEREIRA, R. et al. Abordagem fitoquímica do extrato etanólico da casca de *Myroxylon peruferum* Lf. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 16, n. 1, 2018.

PETTERSEN, R. C. Chemical composition of wood. In: ROWELL, R. (Ed.). The chemistry of solid wood. Washington: **American Chemical Society**, 1984. p. 54-126.

PIETTA, P.G. Flavonoids as antioxidants. **Journal of Natural Products**, Washington, v. 63, n.7, p. 1035-1042, 2000.

POLETTO, M. **Avaliação da estabilidade térmica e da cinética de degradação da madeira através da caracterização de seus componentes**. 2014. 63 f. Tese (Doutorado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

POLETTO, M.; ZATTERA, A. J.; SANTANA, R. M. C. Structural Differences Between Wood Species: Evidence from Chemical Composition, FTIR Spectroscopy, and Thermogravimetric Analysis. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 126.S1, p. E337–E344, 2012.

POORTER, L.; McDONALD, I.; ALARCÓN, A.; FICHTLER, E.; LICONA, J.; PEÑA-CLAROS, M.; STERCK, F.; VILLEGAS, Z.; SASS-KLAASEN, U. The importance of wood traits and hydraulic conductance for the performance and life history strategies of 42 rainforest tree species. **New Phytologist**, v. 185, p. 481-492, 2010.

POORTER, L.; WRIGHT, S.J.; PAZ, H.; ACKERLY, D.D.; CONDIT, R.; IBARRA-MANRÍQUEZ, G.; HARMS, K.E.; LICONA, J.C.; MARTÍNEZ-RAMOS, M.; MAZER, S.J.; MULLER-LANDAU, H.C.; PEÑA-CLAROS, M.; WEBB, C.O.; WRIGHT, I.J. Are functional

traits good predictors of demographic rates? Evidence from five neotropical forests. **Ecology**, v. 89, n. 7, p. 1908-1920, 2008.

PROTÁSIO, T. P.; LIMA, M. D. R.; TEIXEIRA, R. A. C.; ROSÁRIO, F. S.; ARAÚJO, A. C. C; ASSIS, M. R.; HHEIN, P. R. G.; TRUGILHO, P. F. Influence of Extractives Content and Lignin Quality of Eucalyptus Wood in the Mass Balance of Pyrolysis Process. **BioEnergy Research**, v. 14, p. 175-189, 2021

QUEIROZ, A. P.; FILHO, H. S. C.; FILHO, M. A. B. Análise fitoquímica do extrato etanólico do cumaru (*Amburana cearenses*). Mossoró, 2022.

RAYMOND, C. A. Tree breeding issues for solid wood products. In: **The Future Of Eucalypts For Wood Products**. Launceston, Tasmania. Proceedings. Launceston: IUFRO, p. 265 270, 2000.

REGASINI, L. O. Estudo químico de *Pterogyne nitens* (Caesalpinoideae), síntese e potencial farmacológico de alcalóides guanidínicos e análogos. 2008.

REZENDE, F. M., ROSADO, D., MOREIRA, F. A., DE CARVALHO. Vias de síntese de metabólitos secundários em plantas. **Laboratório de Ensino de Botânica**, v. 93, 2016.

RIBASKI, J.; LIMA, P. C. F.; DE OLIVEIRA, V. R.; DRUMOND, M. A. Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia*) árvore de múltiplo uso no Brasil. 2003.

RIBEIRO, P. G.; DE QUEIROZ, L. P.; MORIM, M. P. Flora da Bahia: Leguminosae – Parapiptadenia (*Mimosoideae: Mimosaceae*). **SITIENTIBUS série Ciências Biológicas**, v. 16, p. 1–13, 2016.

ROCHA E SILVA, H. et al. Constituintes químicos das cascas do caule de *Cenostigma macrophyllum*: ocorrência de colesterol. **Química Nova**, v. 30, p. 1877-1881, 2007.

ROCHA, W. S., LOPES, R. M., SILVA, D. B. D., VIEIRA, R. F., SILVA, J. P. D., & AGOSTINI-COSTA, T. D. S. Compostos fenólicos totais e taninos condensados em frutas nativas do cerrado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 33, 1215-1221, 2011.

RODRIGUES, I. M. C.; SOUZA FILHO, A. P. S.; FERREIRA, F. A. Estudo fitoquímico de *Senna alata* por duas metodologias. **Planta Daninha**, v. 27, n. 3, p. 507-513, 2009.

RODRIGUES, K. A. da F. et al. Prospecção Fitoquímica e atividade moluscicida de folhas de *Momordica charantia* l. **Cadernos de Pesquisa**, v. 17, n. 2, 2010.

RODRIGUES, R. R. A sucessão florestal. In: MORELLATO, P. C., LEITÃO FILHO, H. F. (Orgs.). **Ecologia e preservação de uma floresta tropical urbana: Reserva de Santa Genebra**. Campinas: UNICAMP, 1995. p.30-36.136p.

ROWELL, R. M. (Ed.). **Handbook of wood chemistry and wood composites**. CRC press, Capítulo 3. Flórida. 2005. 473 p.

RUIZ, A. L. T. G. **Estudo fitoquímico de *Poecilanthe parviflora* Benth. e *Lonchocarpus atropurpureus* Benth. (Leguminosae): isolamento, determinação estrutural e atividade biológica**. 1998. 143f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de

Campinas, Instituto de Química, Campinas, SP. Disponível em:
<https://hdl.handle.net/20.500.12733/1586547>. Acesso em: 20 fev. 2024.

SAKITA, M. N.; VALLILO, M. I. Estudos fitoquímicos preliminares em espécies florestais do Parque Estadual do Morro do Diabo, Estado de São Paulo. **Revista do Instituto Florestal**, v. 2, n. 2, p. 215-226, 1990.

SAMPAIO, Danielle Affonso et al. **Caracterização anatômica e físicoquímica do tegumento da semente de Araucaria angustifolia (Bert.) O. Ktze.** 2016. 42 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica-RJ].

SANTOS ALVES, J. K.; OLIVEIRA, N. J. F. de; WENCESLAU, R. R. **Triagem fitoquímica de plantas abortivas do cerrado: barbatimão, buchinha-do-norte, panã, fava d'anta e tamboril.** In: SILVA-MATOS, R. R. S. da; MACHADO, N. A. F.; CORDEIRO, K. V. (Org.). Sistemas de produção nas ciências agrárias 2. Ponta Grossa, PR: Atena, 2021.

SANTOS, L. W. dos; COELHO, M. D. F. B.; AZEVEDO, R. A. B. de; LIMA, A. K. B.; SOUZA, J. W. N. de. Erythrina velutina Willd: Fabaceae: Árvore de múltiplos usos no nordeste brasileiro. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 5, p. 10, 2013.

SANTOS, R.I. Metabolismo básico e origem dos metabólitos secundários. In: SIMÕES, C.M.O.; SCHENKEL, E.P.; GOSMANN, G.; MELLO, J.C.P.; MENTZ, L.A.; PETROVICK, P.R. (org.). **Farmacognosia: da Planta ao Medicamento.** 5.ed. Porto Alegre: Editora Universidade UFRGS, p.403, 2003.

SANTOS, R. C. M.; PÁGLIA, A. Mata Atlântica: Características, Biodiversidade E A História De Um Dos Biomas De Maior Prioridade Para Conservação E Preservação De Seus Ecossistemas. **Acervo da Iniciação Científica**, 2014.

SANTOS, V. N. C. **Estudo fitoquímico e bioatividade de extratos de Andira retusa (Poir.) Kunth.** 2012. 171 f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2012.

SANVIDO, M. E. Avaliação de atividades biológicas de extratos não voláteis de *Baccharis uncinella* obtidos por maceração e por extração com CO₂ supercrítico. **Revista da Graduação**, [S. l.], v. 8, n. 2, 2015.

SARVE, D. T, DUTTA, R., RASTOGI, A., & EKHE, J. D. Valorization of industrial waste lignin via pyrolysis in the presence of additives: Formation, characterization, and application of fuel valued bio-oil and activated char. **Journal of the Indian Chemical Society**, v. 99, n. 4, p. 100398, 2022.

SCHIMITZ, W. et al. O chá verde e suas ações como quimioprotetor. Semina: **Ciências Biológicas e da Saúde**, Londrina, v. 26, n. 2, p. 119-130, 2005.

SCOPEL, E. **Aproveitamento integral do capim elefante na produção de etanol celulósico.** 2019. 130 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2019.

SEIGLER, D. S. Phytochemistry of Acacia - Sensu lato. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 31, p. 845, 2003. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0305-1978\(03\)00082-6](https://doi.org/10.1016/S0305-1978(03)00082-6).

SENGER, A. E. V.; SCHWANKE, C. H. A.; GOTTLIEB, M. G. V. Chá verde (*Camellia sinensis*) e suas propriedades funcionais nas doenças crônicas não transmissíveis. **Scientia Medica** (PUCRS. Impresso), 2010.

SEVERO, E. T. D.; CALONEGO, F. W.; SANSÍGOLO, C. A. Composição Química da Madeira de *Eucalyptus citriodora* em Função das Direções Estruturais. **Silva Lusitana**, 14(1): p. 113 - 126., ed. ENF, Lisboa - Portugal, 2010.

SILVA, C. H. T. P. D. Estudo fitoquímico e avaliação da atividade antimicrobiana, antioxidante e citotóxica de *Sapium glandulosum* (L.) morong e *Caesalpinia pyramidalis* Tul. visando o desenvolvimento de um gel odontológico. 2012.

SILVA, D. C. E. et al. Ação anti-helmíntica de extratos brutos de *Andira anthelmia* (Vell.) Macbr. e *Andira fraxinifolia* Benth., em camundongos naturalmente infectados por *Vampirolepis nana* e *Aspiculuris tetraptera*. **Parasitología latinoamericana**, v. 58, n. 1-2, p. 23-29, 2003.

SILVA, I. D. L., CAETANO, V. F., NASCIMENTO, J. A. A., VINHAS, G. M., ALMEIDA, Y. M. B. Aplicações da espectroscopia no infravermelho para caracterização de materiais poliméricos: uma revisão. In: NETO, M. M.; BRITO, H. C. A produção do conhecimento nas engenharias: novas fronteiras, tecnologias e desafios. **Ed. Amplla Editora**, p. 85-99, 2021.

SILVA, J. D. C., Matos, J. L. M. D., Oliveira, J. T. D. S., & Evangelista, W. V. Influência da idade e da posição ao longo do tronco na composição química da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden. **Revista Árvore**, 29, 455-460, 2005.

SILVA, L. B. D.; SANTOS, F. D. A. R. D.; GASSON, P.; CUTLER, D. 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, p. 301-314, 2011.

SILVA, M. E. C. M. **Apontamentos de Tecnologia dos Produtos Florestais: Composição Química da Madeira**. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD) Vila Real, 2010.

SILVA, M. J. D. et al. Avaliação da atividade antioxidante e antimicrobiana dos extratos e frações orgânicas de *Mimosa caesalpiniifolia* Benth. (Mimosaceae). **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada**, v. 33, n. 2, 2012.

SILVA, V. C. D. et al. Chemical constituents of *Andira anthelmia* (Vell.) MaCbr. and *Andira fraxinifolia* Benthan (FABACEAE); Constituintes químicos de *Andira anthelmia* (Vell.) MaCbr. e *Andira fraxinifolia* Benthan (FABACEAE). 28. Annual meeting of the Brazilian Chemical Society. Chemistry for sustainable development and social inclusion, Pocos de Caldas, MG (Brazil). 2005.

SILVEIRA, E. R.; PESSOA, O. D. L. Constituintes micromoleculares de plantas do nordeste com potencial farmacológico: com dados de RMN 13C. In: **Constituintes**

micromoleculares de plantas do nordeste com potencial farmacológico: com dados de RMN 13C, 213-213. 2005.

SILVERIO, F. O. Caracterização de extractos de madeira de *eucalyptus* e depósitos de *pitch* envolvidos na fabricação de celulose e papel. 2008.

SIMÕES, C. M. O., SCHENKEL, E. P., DE MELLO, J. C. P., MENTZ, L. A., & PETROVICK, P. R. Farmacognosia: do produto natural ao medicamento. Artmed Editora. 2016.

SOUZA, A. et al. Alcohol extract of *Pterogyne nitens* leaves fails to reduce severity of streptozotocin-induced diabetes in rats. **Journal of Medicinal Plants Research**, v.4, n.9, p.802-8, 2010.

SOUZA, A. et al. Tratamento crônico com extrato alcoólico de *Pterogyne nitens* não melhora parâmetros clássicos do diabetes experimental. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.19, n.2A, p.412-7, 2009.

TABARELLI, M.; LEAL, I. R.; SCARANO, F. R.; SILVA, J. Caatinga: legado, trajetória e desafios rumo à sustentabilidade. **Revista Ciência e Cultura**, Recife-PE, v. 70, n. 4, pp. 25-29, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.21800/2317-66602018000400009>

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. Tradução por SANTARÉM, E. R. et al. Vol. 4. 2009.

TAPPI, T. TAPPI T204: **Solvent extractives of wood and pulp.** TAPPI Press, 1997.

TÉLLEZ-SÁNCHEZ, C., OCHOA-RUIZ, H. G., SANJUAN-DUEÑAS, R., & RUTIAGA-QUIÑONES, J. G. Componentes químicos del duramen de *Andira inermis* (W. Wright) DC.(Leguminosae). **Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente**, v. 16, n. 1, p. 87-93, 2010.

TRINGALI, C.; SPATAFORA, C.; Bioactive Compounds from Natural Sources. 2012.

VACCARO, S. Caracterização fitossociológica de três fases sucessionais de uma floresta estacional decidual, no município de Santa Tereza – RS. Santa Maria, 1997. 92f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1997.

VENTURA, C.; PEREIRA, D. C.; CEZÁRIO, F. G.; SANTOS, L. A.; ZOCCAL, K. F.; TEFE-SILVA, C. Câncer de próstata e plantas medicinais: uma alternativa terapêutica. RECIMA21 - **Revista Científica Multidisciplinar** - ISSN 2675-6218, v. 4, n. 2, 2023, p. e422647-e422647.

VIEIRA, L. F. S. Influência da composição química de quatro espécies amazônicas na resistência natural ao ataque de fungos apodrecedores. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2019.

VIEW, A. L. Documentation, Ethno-botanical and Ethno- medicinal Survey of Wild Leguminous Plants from Some Areas of District Rajouri , **J & K State** , India. n. April, 2018.

VIZZOTTO, M.; KROLOW, A. C. R.; WEBER, G. E. B. **Metabólitos secundários encontrados em plantas e sua importância**. Pelotas, RS: Embrapa Clima Temperado, 2010. E-book. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/886074>. Acesso em: 17 jul. 2022.

WASTOWSKI, A. D. **Química da madeira**. 1. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2018.

WEHR, T. R. **Variações nas características da madeira de *Eucalyptus grandis* HILL Ex Maiden e suas influências na qualidade de cavacos em cozimentos Kraft..** Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 1991. Disponível: <https://doi.org/10.11606/D.11.2019.tde-20191108-121034>

WHITMORE, T. C. Canopy gaps and two major groups of forest trees. **Ecology**, v. 70, n. 3, p. 536-538, 1989.

ZUCCHI, M.I., ATANASIO, C.M., SUJII, P.S. **Conservação de espécies da mata atlântica com potencial medicinal**.2013. Artigo em Hypertexto. Disponível em:<<http://www.aptaregional.sp.gov.br/acesse-os-artigos-pesquisa-e-tecnologia/edicao-2013/janeiro-junho-1/1346-conservacao-de-especies-da-mata-atlantica-com-potencial-medicinal.html>>. Acesso em: 09/04/2022.