

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS
CENTRO DE ESTUDOS SUPERIORES DE ITACOATIARA
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL

RAILZA WOSAYME MAKAXI

EFEITO DA APLICAÇÃO DE RESINAS E EXTRATIVOS NAS PROPRIEDADES
FÍSICAS DA MADEIRA DE MARUPÁ (*Simarouba amara* Aubl.) E NA INIBIÇÃO DO
CRESCIMENTO MICELIAL DE *Gloeophyllum trabeum*

ITACOATIARA – AM

2023

RAILZA WOSAYME MAKAXI

EFEITO DA APLICAÇÃO DE RESINAS E EXTRATIVOS NAS PROPRIEDADES FÍSICAS DA MADEIRA DE MARUPÁ (*Simarouba amara* Aubl.) E NA INIBIÇÃO DO CRESCIMENTO MICELIAL DE *Gloeophyllum trabeum*

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Florestal do Centro de Estudos Superiores de Itacoatiara, da Universidade do Estado do Amazonas, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira Florestal.

Orientador: Dr. Victor Fassina Brocco

Coorientadora: Dra. Flávia Maria Silva Brito

ITACOATIARA – AM

2023

RAILZA WOSAYME MAKAXI

EFEITO DA APLICAÇÃO DE RESINAS E EXTRATIVOS NAS PROPRIEDADES FÍSICAS DA MADEIRA DE MARUPÁ (*Simarouba amara* Aubl.) E NA INIBIÇÃO DO CRESCIMENTO MICELIAL DE *Gloeophyllum trabeum*

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Florestal do Centro de Estudos Superiores de Itacoatiara da Universidade do Estado do Amazonas, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira Florestal.

Aprovada em 30 de março de 2023

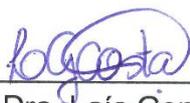
BANCA EXAMINADORA



Dr. Victor Fassina Brocco.
Universidade do Estado do Amazonas – UEA
Orientador



Dr. Eduardo de Souza Mafra
Universidade do Estado do Amazonas – UEA



Dra. Laís Gonçalves da Costa Brocco
Universidade do Estado do Amazonas – UEA

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela sabedoria e por toda sua misericórdia, por ter me guiado e ajudado até aqui.

Aos meus pais Nilton Makaxi e Raquel Wosayme, pelo carinho, pelo amor incondicional, por todo apoio na realização deste TCC. Amo muito vocês!

Aos meus irmãos, Junior Makaxi, Riquelme Wosayme e Raissa Wosayme, pela paciência, pelas risadas, e que entenderam a minha ausência durante essa trajetória. Amo muito vocês!

Ao meu orientador Prof. Dr. Victor Fassina Brocco, pela orientação, pela confiança, pelo comprometimento com este trabalho e atenção mesmo com os desafios encontrados como pai de primeira viagem. A minha coorientadora Dra. Flávia Brito, pela dedicação, pela orientação no pouco tempo que lhe coube, pelas conversas, pelo incentivo. Meus sinceros agradecimentos!

Aos companheiros do Laboratório de Tecnologia da Madeira: Marcelly Cristina, Millene Menezes, Valeska Farias, Jair Franco, Jucimar Gomes e Lais Gonçalves, pela ajuda e conhecimento compartilhado. Muito Obrigada!

Ao proprietário do Meliponário Terra Firme, Dalton Freitas, por sua recepção e doação da resina de geoprópolis utilizada neste trabalho.

A minha amiga, Adrinna Morais, por todos os risos, lágrimas, desabafos, puxões de orelha, muitas histórias para contar. Durante esses cinco anos, sempre estive ao meu lado e hoje sei que sem você, esses cinco anos seriam o “puro suco da tristeza”. Amo você!

A minha pequena e barulhenta família da casa do estudante Laila, Ricardo, Iago, Alex, Maísa, Fransi e Simeão pelas conversas, pelo companheirismo, pelas risadas escandalosa, pelas brigas, por todas as histórias que construímos e mesmo que entre tapas e beijos, vocês foram fundamentais.

Por fim, a todos aqueles que de alguma forma seja ela direta ou indireta ajudaram na realização deste trabalho. Peço desculpas se esqueci de agradecer alguém, mas tenham certeza de que sou muito grata a cada pessoa que participou dessa trajetória.

Muito Obrigada!

RESUMO

A utilização de produtos químicos tradicionais vem alarmando o mundo em consequência do efeito prejudicial destes produtos no meio ambiente e na saúde humana. Diante disto, buscam-se novos produtos, como por exemplo, derivados de extratos e óleos essenciais provenientes de espécies florestais que podem atuar como preservativos naturais para o tratamento da madeira. Dessa forma, o trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da aplicação de resinas e extrativos nas propriedades físicas da madeira e na inibição a fungo xilófago. As resinas de jatobá e breu utilizadas foram provenientes de pontos comerciais dos municípios de Parintins e Itacoatiara, e a resina de geoprópolis proveniente da Fazenda Carapanã-Açu, no município de Rio Preto da Eva – AM. Posteriormente foi feita a caracterização físico-química das amostras. Para impregnação das resinas foram formuladas concentrações etanólicas de 5, 10, 20 e 40 % (m/v) e extrativo na concentração de 4%, impregnadas na madeira de baixa durabilidade (Marupá), avaliando a retenção de extratos nas amostras. Em seguida foram analisadas as propriedades físicas como retratibilidade e absorção de água, bem como, a avaliação do crescimento fúngico de *Gloeophyllum trabeum* nas diferentes concentrações testadas. A impregnação e retenção de extratos na madeira de Marupá apresentou resultados satisfatórios, sendo encontradas melhores resultados em maiores concentrações. Para a retratibilidade da madeira, ocorreram ligeiras reduções na contração tangencial e volumétrica. Sobre a absorção de água as resinas de breu e jatobá a 40% e suas misturas com extrativos foram eficazes na impermeabilização da madeira, no entanto apenas a resina de jatobá garantiu melhores resultados ao final do ensaio. No crescimento fúngico, o extrativo e a combinação de geoprópolis + extrativo promoveram a inibição do fungo de podridão parda, estes tratamentos demonstram que possuem compostos que são eficientes no combate ao fungo testado.

Palavras-chave: Resinas amazônicas. Madeiras Tropicais. Organismos Xilófagos. Estabilidade dimensional.

ABSTRACT

The use of traditional chemicals has been alarming the world because of the harmful effect of these products on the environment and human health. In view of this, new products are required, such as derivatives of extracts and essential oils from forest species that can act as natural preservatives for the treatment of wood. Thus, the objective of this work was to evaluate the effects of the application of resins and extractives on the physical properties of the wood and on the inhibition of xylophagous fungi. The jatobá and breu resins used came from commercial points in the municipalities of Parintins and Itacoatiara, and the geopropolis resin from Fazenda Carapanã-Açu, in the municipality of Rio Preto da Eva - AM. Subsequently, the physical-chemical characterization of the samples was carried out. For resin impregnation, ethanolic concentrations of 5, 10, 20 and 40% (w/v) and extractive at a concentration of 4% were formulated, impregnated in low durability wood (Marupá), evaluating the retention of extracts in the samples. Then, the physical properties such as shrinkage and water absorption were analyzed, as well as the evaluation of the fungal growth of *Gloeophyllum trabeum* in different tested concentrations. The impregnation and retention of extracts in Marupá wood showed satisfactory results, with higher concentration values being found. For wood shrinkage, slight reduction occurred in the tangential direction and volumetric shrinkage. Regarding water absorption, the 40% breu and jatobá resins and their mixtures with extractives were effective in waterproofing the wood, however, only jatobá resin guaranteed better results at the end of the test. In the fungal growth, the extractive and the combination of geopropolis + extractive promoted the inhibition of the brown rot fungus, these treatments demonstrate that they have compounds that are efficient in the tested fungus.

Keywords: Amazon resins. Tropical woods. Wood-destroying organisms. Dimensional stability.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
1.1. Objetivos	11
1.1.1. Objetivo Geral	11
1.1.2. Objetivo Específicos.....	11
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1. Resinas Vegetais e Extrativos	12
2.1.1. Jatobá (<i>Hymenaea courbaril</i> L.)	12
2.1.2. Breu Branco (<i>Protium</i> sp).....	13
2.1.3. Meliponas (<i>Meliponinae</i>)	13
2.1.4. Extrativos	14
2.2. Marupá (<i>Simarouba amara</i> Aubl).....	15
2.3. Propriedades Físicas da Madeira	16
2.3.1. Teor de umidade	16
2.3.2. Densidade Básica	16
2.3.3. Estabilidade dimensional.....	16
2.4. Durabilidade Natural	17
2.4.1. Fungos da podridão parda	18
3. METODOLOGIA	19
3.1. Local de coleta	19
3.2. Caracterização Físico-química das Resinas	20
3.2.1. Determinação do pH das Resinas.....	20
3.2.2. Teor de Umidade	21
3.2.3. Densidade	21
3.2.4. Solubilidade.....	22
3.3. Preparo das Soluções para o Tratamento da Madeira	22
3.4. Impregnação das Resinas e Extrativos na Madeira de Marupá	24
3.5. Ensaio de Inibição Fúngica	26
3.6. Ensaio Físico da Madeira	27
3.7. Análise e Avaliação dos Resultados	28
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
4.1. Caracterização Físico-química das Resinas	29
4.2. Retenção de Resinas e Extrativos	31
4.3. Ensaio de Inibição Fúngica	32
4.4. Absorção de Água após a Impregnação da Madeira	34

4.5. Retratibilidade da Madeira de Marupá em diferentes tratamentos	36
5.CONCLUSÕES	39
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40

1. INTRODUÇÃO

A utilização da madeira sempre integrou o cotidiano do homem, sendo utilizada em vários segmentos, como por exemplo, marcenaria, construção civil e bioenergia. É um material importante devido ao seu caráter renovável e baixo impacto ambiental, quando comparado a outros materiais, como aço e concreto (PAES et al., 2013). Contém em sua estrutura componentes macromoleculares como a celulose, lignina e hemicelulose, além de compostos minoritários como extrativos, que são substâncias de baixo peso molecular (KLOCK; ANDRADE, 2013).

Os extrativos apesar de não participarem da constituição estrutural da parede celular estão presente na química de toda madeira, tendo como principais grupos químicos os compostos aromáticos, terpenos e alifáticos, estes por sua vez são facilmente removidos em água e solventes orgânicos (KLOCK; ANDRADE, 2013). Também são responsáveis pelas características organolépticas da madeira, contribuem na melhoria da resistência natural e atuam na diminuição da permeabilidade e higroscopicidade (PEDRAZZI et al., 2019).

Uma das principais características tecnológicas da madeira é a resistência natural, que é influenciada pelo arranjo anatômico, tipo e quantidade de metabólitos secundários existentes no lenho. O modo de exposição e o local de emprego do material podem favorecer a degradação por agentes bióticos e abióticos, tornando seu uso limitado. Dentre os principais fatores que contribuem para isto, citam-se: a presença de substâncias nutritivas e condições climáticas (STANGERLIN, 2012, YILGOR et al., 2013).

As madeiras que apresentam alta resistência natural não necessitam de preservantes, o que agrega maior valor ao produto e conseqüentemente reduz o custo de substituição de peças (MELO et al., 2010). Por outro lado, madeiras que possuem baixa resistência devem ser tratadas para aumentar a sua vida útil. Para isto utilizam-se substância química, que podem ser altamente nocivos para o homem e para o meio ambiente.

A utilização de preservativos químicos como CCA (Arseniato de Cobre Cromatado) e CCB (Borato de Cobre Cromatado) podem oferecer riscos ao meio ambiente e à saúde humana, por serem considerados produtos com elevadas taxas de toxicidade. O uso prolongado desses produtos favorece a aparecimento de agentes

mais resistentes e alteram a composição do solo em função da toxidez residual (ZHANG et al., 2016). Diante disto, buscam-se novos produtos, como por exemplo, derivados de extratos e óleos essenciais provenientes de espécies florestais que podem atuar como preservativos naturais para o tratamento da madeira (AMARAL; BARA, 2005; NEVES, 2019).

Um produto alternativo são as resinas naturais, um composto com caráter terpênico e fenólico que pode agir como fungicida e bactericida no lenho. A presença destes compostos na madeira tende a torná-la mais resistente ao apodrecimento (SILVEIRA, 2015). A impregnação deste composto em madeiras com baixa densidade é eficaz na melhoria da sua resistência mecânica e algumas propriedades, tais como a umidade, a estabilidade dimensional e a resistência natural (NOGUEIRA et al., 2002).

Existem outras fontes de preservantes, como os óleos extraídos das sementes de nim (*Azadirachta indica* A. Juss) e de mamona (*Ricinus communis*), que apresentaram eficiência contra os ataques de agentes térmitas (PAES et al., 2010). Nogueira et al. (2002) constataram melhorias nas características físicas da espécie *Ficus* sp. ao trabalharem com a resina de *Hymenaea courbaril* (Jatobá). Silveira (2015) por sua vez, utilizou o tanino de *Acacia mearnsii* e verificou sua eficácia na inibição fúngica de *Pycnoporus sanguineus*, e recomendando-o como um biopreservante de madeira. Além disso, os extratos tânicos de *Anadenanthera macrocarpa* (Angico Vermelho) apresentaram resultados significativos em relação a degradação provocada por térmitas na espécie *Jacaranda copaia* (MUSIAL et al., 2020).

As resinas e oleoresinas produzidas por espécies arbóreas encontram-se entre os materiais promissores para melhorias das propriedades tecnológicas da madeira, (CARVALHO et al., 2018). Dentro desse contexto, é importante avaliar o potencial de resinas e extrativos, como alternativa aos produtos químicos largamente empregados no segmento de proteção e acabamento da madeira, que podem ter potencial para melhorar as propriedades físicas e biológicas da madeira.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo Geral

Avaliar os efeitos da aplicação de resinas e extrativos nas propriedades físicas da madeira e na inibição de fungos xilófagos.

1.1.2. Objetivo Específicos

- Coletar, analisar e caracterizar as resinas;
- Quantificar a solubilidade das resinas em solventes orgânicos;
- Impregnar na madeira de marupá as resinas e extrativos e determinar o ganho de massa nas amostras;
- Determinar o efeito da aplicação de resinas e extrativos na inibição do crescimento de fungo xilófago;
- Avaliar o efeito da aplicação das resinas e extrativos na absorção de água da madeira;
- Verificar os efeitos da aplicação de resinas e extrativos na contração da madeira

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Resinas Vegetais e Extrativos

2.1.1. Jatobá (*Hymenaea courbaril* L.)

O gênero *Hymenaea*, pertence à família Fabaceae e a subfamília Caesalpinioideae possui 16 espécies, onde apenas 13 delas são encontradas no Brasil. O gênero possui uma ampla distribuição geográfica, tendo ocorrência no bioma do Cerrado e em regiões que abrangem a floresta amazônica. As espécies do gênero *Hymenaea* são conhecidas por nomes como, jatobá, jataí e jetaíba (CIPRIANO et al., 2014; OLIVEIRA et al., 2019).

Na Amazônia, a espécie que mais ocorre é a *Hymenaea courbaril* L. sendo encontradas em matas ciliares, matas de terra firme ou áreas parcialmente inundadas. A espécie é indicada para indústrias madeireiras, por apresentar características como alta densidade e resistência, além de ser recomendada para recuperação de áreas degradadas, arborização e indústrias farmacêuticas (ARRUDA et al., 2015; FREIRE et al., 2020; McCOY et al., 2017).

Morfologicamente, a *H. courbaril* pode alcançar uma altura de 50m e 2m de diâmetro, sendo assim considerada a maior espécie do gênero, possuem folhas compostas biofoliadas, com estipula e pecíolo livre do lado externo. As flores são grandes, brancas e hermafroditas. O fruto possui formato de vagem apresentando sabor e aroma adocicados (PESTANA, 2010; SOUZA, FUNCH, QUEIROZ, 2014; SCHWARTZ, 2018).

As árvores de *Hymenaea courbaril* produzem resinas conhecidas como copal Brasil e jutaicica, que exalam quando exsudada do tronco e geralmente são empregadas como vernizes em utensílios feitos a barro e impregnadas em madeiras com intuito de promover a durabilidade e impermeabilização do material. (CORRÊA, 2015). A resina possui aspecto transparente e de coloração amarelo claro, diferente das espécies pertencente ao mesmo gênero (CORRÊA, 2015; OLIVEIRA et al., 2019).

Quando provocadas injúrias no caule, a resina sofre uma rápida polimerização quando em contato com o ambiente, isto decorre em razão da existência de monômeros que solidificam a resina. O extrato é formado essencialmente por compostos fenólicos e terpênicos que agem na inibição de fungos e outros microrganismos (FOUGÈRE-DANEZAN et al., 2010; SANTANA, 2015).

2.1.2. Breu Branco (*Protium* sp)

São aproximadamente 700 espécies pertencente à família Burseraceae, estas são distribuídas em 18 gêneros, dentre eles o gênero *Protium* é o mais notável dessa família, tem ocorrência em grande parte da floresta amazônica. São conhecidas por produzirem oleoresinas de importância econômica para produção de cosméticos e de fármacos (RUDIGER, VIEIGA JUNIOR, 2013; SOUZA et al., 2016).

As espécies dessa família possuem tronco retilíneo, folhas alternas, compostas, sem estípulas, são polinizadas por insetos e seus frutos são dispersos por aves e formigas. As espécies também são indicadas para produção de móveis e construção civil (OLIVEIRA, 2014; SILVA, 2012).

O gênero *Protium* apresenta resinas aromáticas conhecidas de modo geral como breu, a quais são muito apreciadas na medicina tradicional, indústria de perfumaria e farmacêutica. O extrato apresenta aspecto pegajoso e de cheiro característico, indicados para produção de incensos, vernizes, betume de embarcações e repelentes naturais. Em estudos realizados em algumas espécies pertencente ao gênero, são comprovadas a eficácia de tratamentos de doenças inflamatórias e respiratórios (ALMEIDA, 2013; RUDIGER, VIEIGA-JUNIOR, 2013; RUDIGER, SIANI, VIEGA-JUNIOR, 2007; VIEIRA, 2019).

Em relação as resinas produzidas pelo gênero a composição majoritária é de monoterpenos, sesquiterpenos e triterpenos, em que o componente químico p-cimeno que pertence ao grupo dos monoterpenos é o mais abundante e compõem entre 30% a 45% das oleoresinas do gênero. Os triterpenos também são encontrados em extratos foliares, nos quais os componentes como α -amirina e β -amirina correspondem a 45,3%, além de serem acompanhadas por breínas e maniladiol com 9,5% (CUNHA, 2020; FERREIRA, 2017; RUDIGER, 2012; RUDIGER, SIANI, VIEGA-JUNIOR, 2007).

2.1.3. Meliponas (*Meliponinae*)

As abelhas são espécies relacionadas à família Apidae, dentro da qual estão inseridas duas espécies fundamentais para manter o equilíbrio ecológico por meio da polinização. As melíponas também conhecidas como abelhas sem ferrão, são espécie

recorrentes na maioria dos biomas brasileiros e onde foram catalogadas aproximadamente 200 espécies (CAMPOS et al., 2014).

A meliponicultura consiste no cultivo e exploração racional das abelhas, o que a torna esta atividade bastante atrativa economicamente, pois o custo de manejo é relativamente baixo, sendo essa prática difundida nas regiões Norte e Nordeste do país, além de ser uma alternativa de renda para a população rural. Essas abelhas são produtoras de geoprópolis, que é um composto formado de resinas vegetais adicionada a outros elementos como solo, fibras vegetais ou argilas. Essa produção é utilizada na vedação de buracos das caixas mantendo a temperatura e umidade contínua na colmeia, e na proteção contra organismos biológicos e insetos (CARDOZO et al., 2015; WITTER; SILVA-NUNES, 2014; ZABAIU et al., 2017).

A estrutura química do geoprópolis apresenta compostos fenólicos, terpênicos e flavanóides. A presença dessas substâncias podem ser indicativos para utilização como antioxidantes e agentes antimicrobianos. Também, podem ser um produto alternativo para a proteção de madeiras, pois agem contra organismos degradadores, porém a funcionalidade desse composto vai depender das composições químicas que são reféns da diversidade florística no meio em que vive (AKCAY et al., 2020; SILVA et al., 2013).

2.1.4. Extrativos

A exploração de espécies florestais produtoras de extrativos, tem colaborado em estudo relacionada a maior vulnerabilidade ou não da madeira ao ataque de organismos xilófagos ou condições abióticas. A princípio, estes estudos têm como principal ponto de partida os componentes, como: tipo e quantidade de extrativos que existem no cerne. Podendo ser: taninos, quinonas, terpenóides e flavonoides (BROCCO, 2014; WALKER, 2006)

Os extrativos são constituintes secundários, ou seja, são consideradas como não integrante da parte estrutural da parede celular, este componente é responsável pelas propriedades organolépticas da madeira e de outros atributos como resistência natural, permeabilidade e propriedades abrasivas. As substâncias presentes no lenho podem ser facilmente removidas por solventes orgânicos ou água. A proporção desse

componente irá depender da espécie, idade e sítio de crescimento (KLOCK; ANDRADE, 2013; KADIR; HALE, 2012).

A retirada integral dos extrativos facilitam o ataque de agentes degradadores que atuam basicamente no consumo da massa do material lenhoso, já que a resistência natural está relacionada a modificação química e fisiológica do cerne, que por sua vez, produzem substâncias tóxicas a esses agentes. Estas modificações no cerne, resultam na maioria das vezes numa coloração mais escura, devido a presença de fenóis e polifenóis acumulados nas paredes celulares e no lúmen da madeira (KLOCK; ANDRADE, 2013; MOYA; BOND; QUESADA, 2014; OLIVEIRA; HELLMEISTER; TOMAZELLO FILHO, 2005).

A transformação do alburno em cerne é conhecida como cernificação, que resulta na melhoria da durabilidade natural, mas, pode gerar problemas como: a secagem em função da obstrução dos vasos, na adesão e no pH superficial da madeira no processo de colagem, e alguns extrativos podem tornar a pasta celulósica mais escura dificultando o branqueamento, conseqüentemente afetam a fabricação de papel. Contudo, a presença do cerne na madeira é fundamental para as movelarias, construção civil e produção de carvão (SILVA, 2005; ALBINO, MORI, MENDES, 2012; SARTO; SANSIGOLO, 2010).

2.2. Marupá (*Simarouba amara* Aubl)

A espécie *Simarouba amara* Aubl conhecida popularmente como marupá, caroba, marupá-verdadeiro, entre outros, pertence à família Simaroubaceae e ocorre por toda região Amazônica e por alguns estados da região nordeste. É uma árvore com altura comercial de 9,80 m, com diâmetro de 66,36 cm, é considerada uma madeira leve por possui uma densidade de 0,37 g.cm³ (LPF, 2023)

A madeira de marupá possui o cerne e o alburno indistintos, fácil trabalhabilidade e acabamento, são indicadas para a fabricação de instrumentos musicais e brinquedos. Segundo Stangerlin et al. (2013) e Marcondes et al. (2012) a espécie é suscetível ataque de organismos xilófagos, o que a caracteriza como madeira de baixa resistência natural.

2.3. Propriedades Físicas da Madeira

2.3.1. Teor de umidade

A madeira é um material higroscópico, ou seja, tem a capacidade de perder e absorver a umidade do ar no meio em que se situa, retendo em seu interior água na forma líquida ou vapor d'água. A determinação da umidade é indispensável uma vez que influencia as propriedades físicas e mecânicas da madeira. O teor de umidade de uma madeira é a relação entre a massa de água contida no lenho e a sua massa totalmente seca, expresso em porcentagem.

2.3.2. Densidade Básica

A densidade básica é o ponto de partida para a classificação e informação da qualidade da madeira, é uma propriedade considerada complexa por estar relacionada a diversos fatores, como: tratamentos silviculturais, local de crescimento, proporção cerne alburno e proporção madeira adulta e juvenil. Esta pode variar entre espécies, dentro da mesma espécie e dentro de uma mesma árvore (MIRANDA, et al., 2012; PALHARINI et al., 2014).

A propriedade é obtida a partir da relação entre a massa seca da madeira e o volume saturado, seu valor é expresso em gramas por centímetros cúbicos (g.cm^3) ou quilogramas por metros cúbicos (kg.m^3). A densidade da madeira é o valor absoluto da quantidade de material lenhoso existente por unidade de volume ou do volume de espaços vazios na madeira, quando desconsiderado os teores de extrativos e outros materiais estranhos (FOELKEL et al., 1971; MORESCHI, 2014).

2.3.3. Estabilidade dimensional

Galvão e Jankowsky (1985) definem que a estabilidade dimensional de uma madeira se origina do evento de contração e inchamento, esses fenômenos são resultados da perda e absorção da umidade do ar, que ocorrem entre o ponto de saturação das fibras até a condição anidra do material. O fenômeno de inchamento é

caracterizado pelo aumento das dimensões da madeira, enquanto o processo inverso é denominado de contração.

O fenômeno é considerado uma das propriedades mais importantes, pois afeta e limita significativamente o aproveitamento de espécies lenhosas na qual a estabilidade dimensional seja um fator de emprego importante. A contração e o inchamento ocorrem nos três eixos espaciais (tangencial, longitudinal e radial), onde a direção tangencial sofre menos variações dimensionais, seguida da radial e longitudinal (ALMEIDA, 2015; LOIOLA, 2012; SIAU, 1984).

As variações dimensionais nos diferentes planos, surgem das distintas estruturas microscópicas da parede celular. A alteração da dimensão no sentido tangencial e radial dão origem ao que chamamos de fator anisotrópico que variam entre 1,2 a 2,0, estes valores são importantes, pois quanto maior os valores desse fator, mais risco à características indesejáveis durante a secagem como rachaduras, empenamentos e torções. O coeficiente de anisotropia é um parâmetro importante, uma vez que, ajuda na empregabilidade da madeira (DURLO, MARCHIORI, 1992; SILVA, 2013; MORESCHI, 2014)

2.4. Durabilidade Natural

A madeira é um produto versátil, que pode ser utilizado em áreas internas e externas. No entanto, apresenta algumas desvantagens que comprometem a sua durabilidade natural, principalmente quando o material é exposto ao ar livre, como: a biodeterioração, variações dimensionais em função da alteração da umidade, deterioração por condições edafoclimáticas (BAHIA, 2015).

A durabilidade da madeira possibilita a avaliação da vida útil do material quando submetida a condições edafoclimáticas favoráveis a ataques de organismos degradadores. A madeira é um material orgânico suscetível a biodeterioração causada por agentes xilófagos, em especial os fungos apodrecedores, considerada a classe mais agressiva, por consumirem os polímeros naturais da parede celular. A durabilidade é entendida como a capacidade de resistir a ataques de agentes, sejam eles biológicos ou físico-químicos, deste modo, a madeira pode ser classificada como de alta, média e baixa resistência ao ataque desses organismos (GOMES; FERREIRA, 2002; OLIVEIRA et al. 2005; TOMAZELI et al., 2016).

Os fungos da classe basidiomicetos são organismos heterotróficos que podem causar o apodrecimento da madeira, da qual retiram nutrientes pela degradação dos polímeros naturais e que são capazes de metabolizá-los por meio das enzimas produzidas na parede celular. As estruturas anatômicas e microscópicas da madeira podem ser um dos fatores a determinar o padrão de deterioração que são promovidas por esses fungos. A deterioração influencia nas funções fisiológicas, propriedades mecânicas e físico-químicas (BARI et al. 2015; SILVEIRA, 2018; STANCHEVA et al. 2009).

2.4.1. Fungos da podridão parda

Os fungos da podridão parda consomem demasiadamente os constituintes da parede celular, preferencialmente a celulose, hemicelulose e alguns carboidratos em menores teores. Enquanto a lignina é alterada de forma gradual ao longo da degradação, pois estes fungos não conseguem metabolizá-lo pela falta de produção de enzimas específicas (GODELL, 2003).

A degradação ocorre com a deposição de esporos ou fragmentos miceliais na superfície da madeira. O efeito inicial do ataque deste fungo é o escurecimento da madeira, que com a intensidade do ataque vai ganhando uma coloração pardo-escura. Durante o processo, também são identificadas características como: rachadura, encurvamento e o colapso no material, em função da perda de massa, diminuindo a resistência mecânica da madeira (GODELL, 2003; VIEIRA, 2019).

De acordo como Dix e Webster (1995) a podridão parda corresponde a apenas 10% dos basidiomicetos degradadores. Dentro desta classe, existem uma variedade de fungos e dentre eles destaca-se o *Gloeophyllum trabeum* que ataca intensamente a madeira, seja ela serrada, árvores em pé ou tora em contato com o solo, possuem tolerância a secagem e a tratamentos químicos com arsênio e cobre (EATON; HALE, 1993).

3. METODOLOGIA

3.1. Local de coleta

As resinas utilizadas foram adquiridas na forma de exsudatos naturais brutos comercializados em diferentes localidades. Na Figura 1 a resina de jatobá (*Hymenaea courbaril* L) foi proveniente de pontos comerciais do município de Parintins (2°37'42" S; 56°44'11" O). Já a resina de breu (*Protium* sp.) foi adquirida em pontos comerciais do município de Itacoatiara (3°8'31" S; 58°26'33" O).

A resina de geoprópolis foi coletada na forma bruta no momento da abertura das caixas contendo colônias do gênero *Melipona*, sem danificar as colônias. A coleta foi realizada no Meliponário Terra Firma na Fazenda Carapanã-Açu, localizada no município de Rio Preto da Eva (2°38" S; 50°40" O), e acessada pela rodovia AM-010 no Km 86 e ramal ZF-7B no Km4.

Os resíduos (serragens) de madeira de Tanimbuca (*Buchenavia* sp.) e Louro faia (*Roupala montana*), foram provenientes de duas empresas madeireiras, a WS Madeireira Ltda (3°06'39" S; 58°27'13" W) e Serraria Verbena (3°08' S; 58°28'34" W), localizadas no município de Itacoatiara. As amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Tecnologia da Madeira, do Centro de Estudos Superiores de Itacoatiara (CESIT), da Universidade do Estado do Amazonas (UEA).

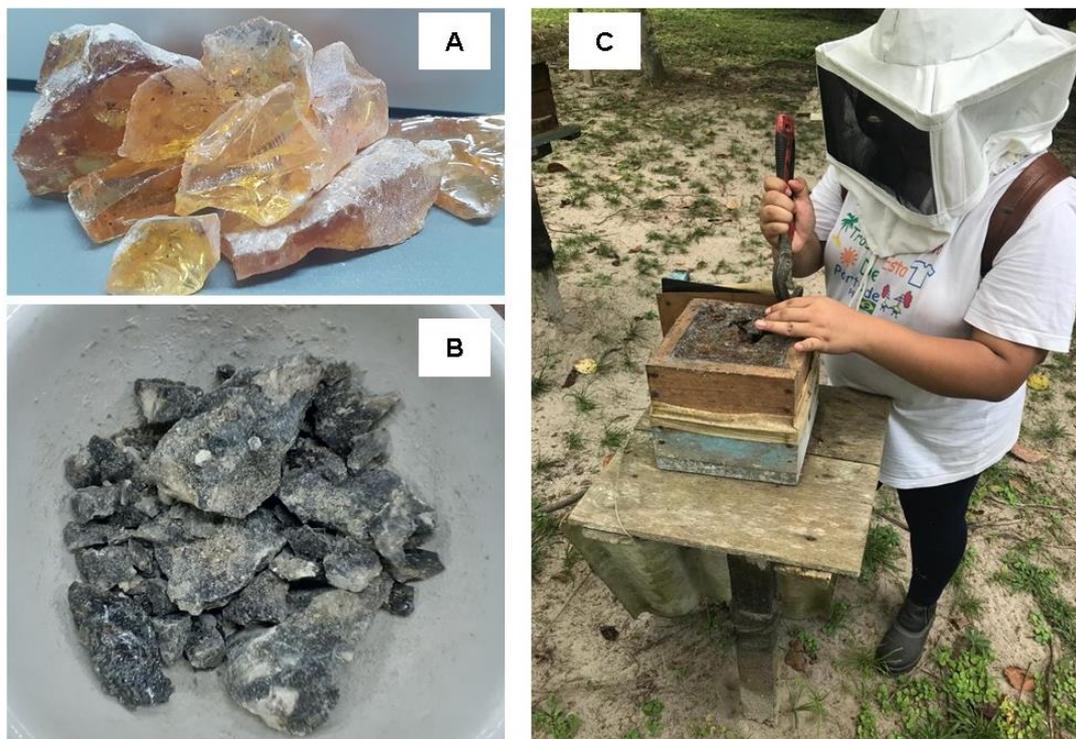


Figura 1- (A) resina de *Hymenaea courbaril*, (B) resina de *Protium* sp., (C) coleta de geoprópolis.

Fonte: autor, 2023.

3.2. Caracterização Físico-química das Resinas

3.2.1. Determinação do pH das Resinas

Para determinar o pH de cada resina, foi selecionada uma porção de cada material, que foi macerado em um conjunto de almofariz e pistilo e transformado em um pó. Em uma balança de precisão de 0,0001g, pesou-se 10g de cada resina que foram adicionados em béqueres de vidro com capacidade de 50 mL. Em seguida, foram adicionados 25 mL de água destilada em cada um dos béqueres contendo as amostras.

Fez-se a homogeneização agitando-se a mistura de água e resina com uma espátula de plástico durante 60s. As amostras permaneceram em repouso durante 60 minutos. A leitura de cada amostra foi realizada por um peagâmetro, obtendo-se assim os resultados para cada resina analisada.

3.2.2. Teor de Umidade

O teor de umidade foi determinado pelo método gravimétrico. Para cada amostra foram pesados 5g de cada resina e acondicionadas em cadinhos previamente pesados e secos em estufa de circulação de ar forçada com temperatura de 50 ± 2 °C por pelo menos 72 horas, até obter sua massa constante. Ao final do processo, o teor de umidade foi determinado pela equação a seguir (equação 1)

$$TU = \left(\frac{M_i - M_f}{M_f} \right) \times 100 \quad (\text{EQUAÇÃO 1})$$

Onde:

TU= teor de umidade, em (%);

M_i= Massa inicial, em gramas (g);

M_f= Massa final, em gramas (g).

3.2.3. Densidade

Foram selecionadas 3 amostras de 5 g de cada resina para determinar a densidade. As amostras foram secas em estufas a 103 ± 2 °C até atingirem massa constante. Em seguida foram pesadas em balança de precisão de 0,0001g para obtenção da massa seca. Em função do formato irregular das resinas, adotou-se o princípio de Arquimedes. Para tanto utilizou-se uma proveta graduada com capacidade para 500 mL. As amostras foram acondicionadas em redes plásticas (normalmente utilizadas para acondicionar frutas), adicionou-se água destilada na proveta até completar o seu volume total.

Em seguida, cada amostra, acondicionada na rede foi imersa no recipiente, de modo que não tocasse o fundo e nem as laterais. A partir deste momento, foram observadas e anotadas as medidas de deslocamento de água, causadas pela imersão das amostras, que foram consideradas como medidas de volume.

3.2.4. Solubilidade

Para a solubilidade, foram pesados 5 g de cada resina, classificada em peneira de 20 *mesh* e em seguida, adicionada em Erlenmeyer de 250 mL contendo 100 mL de álcool etílico hidratado 96% (1:20). Em seguida, as amostras foram colocadas em uma mesa agitadora magnética com aquecimento (70°C) por 24 horas. Após o processo, as amostras foram transferidas para um funil de Buchner com papel filtro previamente pesados, realizando-se a filtração com auxílio de um kitassato acoplado à uma bomba à vácuo.

O conjunto (papel filtro + resíduos) foi colocado em estufa com temperatura de $60 \pm 2^\circ\text{C}$ permanecendo por pelo menos 72 h. A solubilidade foi determinada pela equação 2.

$$S = \left(\frac{F_i - F_f}{P_a} \right) \times 100 \quad (\text{EQUAÇÃO 2})$$

Onde:

S= Solubilidade das resinas, em (%);

Fi= Peso do filtro inicial, em gramas (g);

Ff= Peso do Filtro final com resíduos, em gramas (g);

Pa= Peso das amostras, em gramas (g).

3.3. Preparo das Soluções para o Tratamento da Madeira

O preparo das soluções para o tratamento da madeira foi realizado conforme descrito por Brocco et al. (2017) com algumas modificações. As extrações foram realizadas utilizando o álcool etílico hidratado a 96% GL. As resinas foram maceradas em um conjunto de almofariz e pistilo de porcelana e peneiradas, as partículas selecionadas foram aquelas que passaram pela peneira de 20 *mesh*. As amostras foram secas em estufas com circulação forçada de ar em temperatura de $50 \pm 2^\circ\text{C}$ por 72 h.

Para a obtenção do extrato das resinas, foram pesadas realizadas extrações em série utilizando a proporção 1:20 (m:v). Foram pesados 100 g de cada resina e acondicionadas em um Erlenmeyer com capacidade de 2000 mL. Em seguida foi adicionado o álcool etílico hidratado 96% numa quantidade equivalente a 2000 mL. Utilizou-se um agitador magnético com aquecimento, com temperatura de 70 °C, por 24 h (Figura 2).

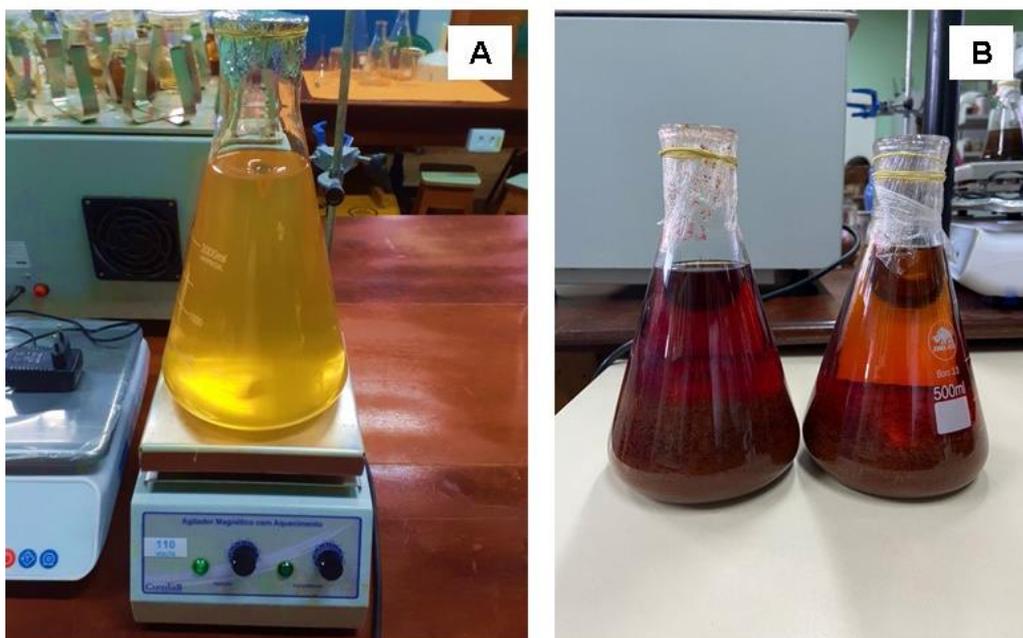


Figura 2 – Resina de jatobá em solução de álcool etílico em um agitador magnético com aquecimento(A), Extrato bruto de Louro faia e Tanimbuca (B).

Para a produção das soluções de extrativos, foram pesadas 60 g das serragens de espécies *Buchenavia* sp. (Tanimbuca) e *Roupala montana* (Louro Faia), que posteriormente foram colocadas em Erlenmeyer com capacidade de 550 mL e em seguida foram adicionadas 500mL de álcool etílico hidratado 96%. As amostras foram postas em uma mesa com agitação orbital em 120 rpm por 24horas (Figura 2).

Após as extrações, as soluções foram filtradas com auxílio de funil de Buchner com papel filtro e um Kitassato acoplado à uma bomba à vácuo. Os extratos foram concentrados em um evaporador rotativo e o extrato bruto obtido foi coletado em um béquer previamente pesado (Figura 3). Os extratos brutos foram secos em estufa a temperatura de 50 ± 2 °C até estabilidade da massa.

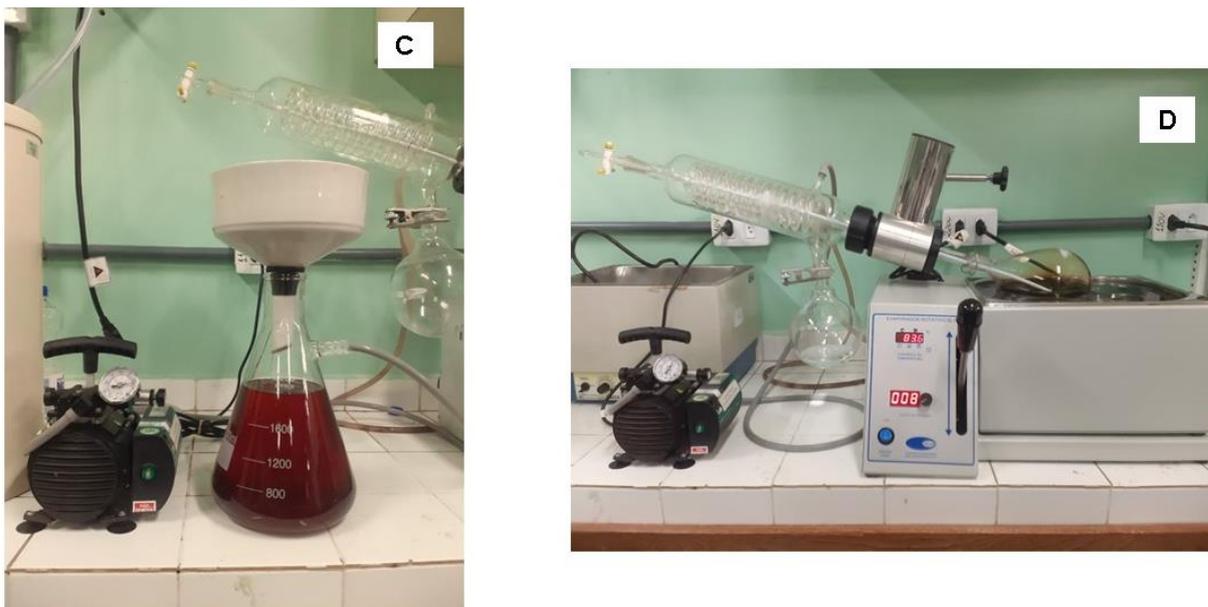


Figura 3 – Filtragem das soluções (C), Obtenção do extrato e recuperação do solvente em um evaporador rotativo (D).

3.4. Impregnação das Resinas e Extrativos na Madeira de Marupá

As soluções para a impregnação foram obtidas das dissoluções dos extratos brutos das resinas em etanol, e as concentrações utilizadas foram: 5%, 10%, 20%, 40% (m:v). Para a solução do extrato de Tanimbuca e Louro Faia a concentração utilizada foi de 4% (v:v), em que as soluções obtidas foram misturadas na proporção de 1:1(v:v). O tratamento foi realizado em amostras de Marupá (*Simarouba amara* Aubl) com dimensões 2 x 3 x 5 cm (tangencial x radial x longitudinal) (Figura 4).

Inicialmente, os corpos de prova foram colocados em estufa a 50 ± 2 °C para estabilidade da massa, 8 amostras foram selecionadas para o cálculo de retenção dos extratos, obtidas pela razão entre o ganho de massa após o tratamento pelo volume das amostras, dado em quilogramas por centímetros cúbicos ($\text{kg}\cdot\text{cm}^{-3}$) (equação 3).

$$R = \left(\frac{M_i - M_f}{V} \right) \times 1000 \quad (\text{EQUAÇÃO 3})$$

Onde:

R= Retenção dos extratos, em (kg/cm^{-3});

Mi= Massa seca inicial antes da impregnação, em gramas (g);

Mf= Massa seca final após a impregnação, em gramas (g);

V= Volume das amostras, em centímetros cúbicos (cm³).



Figura 4 – Peça de madeira da espécie de *Simarouba amara* (A); corpo de prova com dimensões nominais (B)

A impregnação foi feita com base nas recomendações da American Wood Protection Association- AWPA E10-16(2016) com algumas modificações. Os corpos de provas foram imersos nas soluções pré-estabelecidas (Tabela 1) e submetidos a pressão a vácuo de 300 mmHg por 30 minutos, permaneceram submersas em pressão atmosférica por 12 horas para garantir a máxima absorção. Em seguida, o excesso foi retirado e as amostras acondicionadas em estufa com temperatura de 50 ± 2 °C até a estabilidade da massa.

Tabela 1 – Soluções utilizadas no tratamento da madeira de Marupá.

Soluções	Concentração (%)
Jatobá	5, 10, 20 e 40
Breu	5, 10, 20 e 40
Geoprópolis	5, 10
Extrativos (Tanimbuca:Louro faia, 1:1)	4
Jatobá + Extrativos (4%)	5, 10, 20 e 40
Breu + Extrativos (4%)	5, 10, 20 e 40
Geoprópolis + Extrativos (4%)	5, 10

Fonte: autor. 2023.

3.5. Ensaio de Inibição Fúngica

Os testes de inibição fúngica foram conduzidos no Laboratório de Tecnologia da Madeira do CESIT/UEA. Os testes foram realizados pelo método de difusão em ágar ou de difusão em placa de acordo com algumas modificações da metodologia de Brocco (2019).

O preparo do meio de cultura foi realizado em frascos reagentes com capacidade de 1000 mL, contendo 2% de extrato de malte e 1,5% de ágar bacteriológico e 1000 mL de água destilada, esterilizado em autoclave a temperatura de 121 °C por 20 minutos. Após os 20 minutos, o meio de cultura foi colocado em placas de Petri de poliestireno descartável de 90x15 mm e protegidas com plástico parafilm. As placas foram mantidas em um refrigerador por 72 h.

Em cada placa, foi acondicionada uma alíquota de 300 µL de cada extrato e concentrações testadas com auxílio de uma micropipeta ao centro da placa de Petri e deixada em repouso sobre a bancada da capela até a completa evaporação do álcool etílico. As placas foram preparadas com um micélio de 5 mm do fungo de podridão parda (*Gloeophyllum trabeum*), com crescimento fúngico ativo em meio malte-ágar, provenientes da coleção de fungos do Laboratório de Tecnologia da Madeira. O mesmo procedimento foi utilizado para a placa controle, utilizando em vez do extrato somente álcool etílico hidratado a 96%.

No teste foi adicionado uma alíquota por placa e três repetições de fungo, extratos e concentrações testadas. Todas as placas foram fechadas com plástico parafilm e encubadas em sala climatizada (25 ± 2°C, 65 ± 5% UR), a zona de inibição

de crescimento foi avaliada depois de três dias e nos intervalos de dois dias até o crescimento micelial total da placa controle.

3.6. Ensaio Físico da Madeira

Para o ensaio de retratibilidade, foram produzidos corpos de provas de Marupá com dimensões de 2 x 3 x 5 cm (tangencial x radial x longitudinal), conforme as orientações da NBR 7190 – ABNT (1997).

As amostras impregnadas foram submersas em água destilada e pesadas nos intervalos de 24, 48 e a cada 72 h durante 30 dias para avaliar a absorção de água e obter a saturação completa das amostras. Ao final, as amostras saturadas tiveram suas dimensões tomadas e foram conduzidas para uma estufa a 50 ± 2 °C até obtenção da massa seca constante e as dimensões foram mensuradas novamente com auxílio de um paquímetro digital de 0,01 mm de precisão. Assim, foram determinadas a absorção de água, as contrações lineares, o coeficiente de anisotropia e a contração volumétrica, pela equação 3, 4, 5 e 6 respectivamente.

$$A.A. = \left(\frac{M_s - M_i}{M_i} \right) \times 100 \quad \text{EQUAÇÃO 3}$$

Onde:

A.A.= Absorção de água, em (%);

M_s= Massa saturada, em (g);

M_i= Massa seca inicial das amostras impregnadas, em (g).

$$\beta_L = \left(\frac{D_v - D_s}{D_v} \right) \times 100 \quad \text{EQUAÇÃO 4}$$

Onde:

β_L= Coeficiente de contração linear tangencial (β_t) ou radial (β_r), em (%);

D_v= Dimensão saturada, em (cm);

D_s= Dimensão seca, em (cm).

$$A_\beta = \frac{\beta_t}{\beta_r} \quad \text{EQUAÇÃO 5}$$

Onde:

$A\beta$ = Coeficiente de Anisotropia;

β_t = Coeficiente de contração linear tangencial (%);

β_r = Coeficiente de contração linear radial (%).

$$\beta_v = \left(\frac{V_v - V_s}{V_v} \right) \times 100 \quad \text{EQUAÇÃO 6}$$

Onde:

β_v = Coeficiente de contração volumétrica linear, em (%);

V_v = volume da amostra no estado saturado em (cm³);

V_s = Volume da amostra no estado seco em estufa, em (cm³).

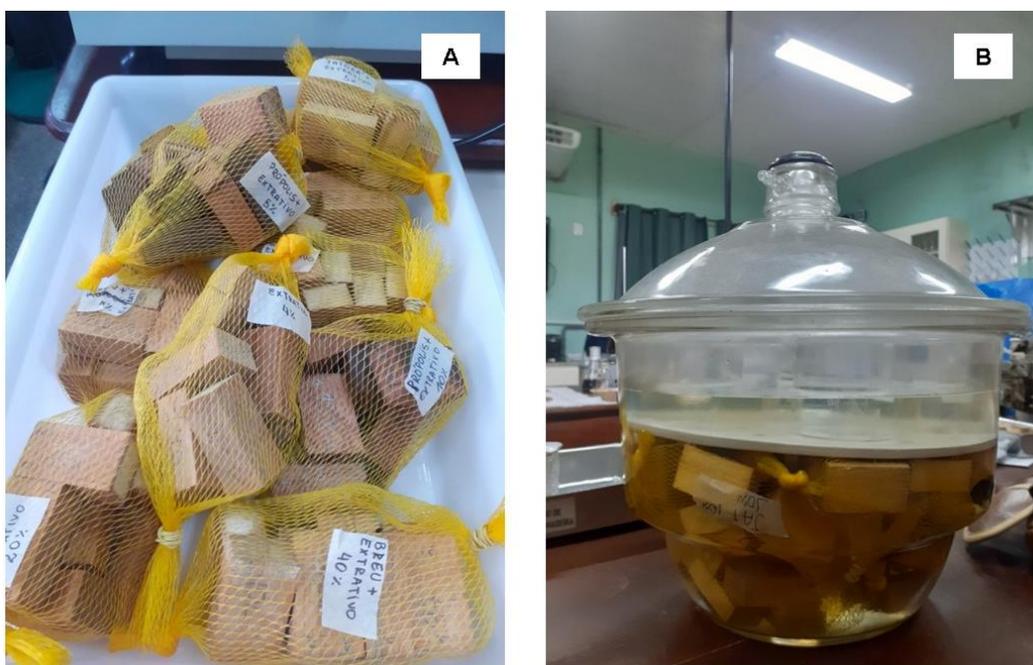


Figura 5 – Preparo das amostras para a saturação (A); amostras em contato com a água para avaliação física. (B)

3.7. Análise e Avaliação dos Resultados

A quantificação da retenção das soluções, absorção de água e o ensaio de inibição fúngica, foram avaliadas por meio de estatística descritiva ao serem empregadas as médias e o desvio padrão. Para a densidade básica, contrações lineares e o fator anisotrópico adotou-se delineamento inteiramente casualizado a fim de verificar quais apresentavam diferenças significativas pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização Físico-química das Resinas

Os resultados das análises físico-químicas das resinas podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 2 – Valores médios dos parâmetros físico-químicas das resinas.

Amostras	Teor de umidade (%)	pH	Densidade (g/cm ³)	Solubilidade (%)
Jatobá	2,66	4,82	0,38	99,4
Breu.	1,52	4,69	0,39	95,2
Geoprópolis	4,15	4,60	0,60	22,2

Fonte: autor, 2023.

Nas resinas avaliadas foi possível observar que o teor de umidade da geoprópolis foi superior em relação as amostras de jatobá e breu. Em relação ao resultado encontrado, verifica-se que o mesmo situa-se dentro da faixa de variação descrita por Ferreira et al (2020), que ao analisarem a geoprópolis de cinco espécies de *Apis Melífera* obtiveram valores entre 2,06% e 8,80%. Do mesmo modo o valor obtido está incluso entre os valores descritos por Oliveira et al. (2015) que avaliaram a geoprópolis de três espécies de abelhas nativas da Amazônia e encontraram valores entre 3,56% e 5,82%. Sendo assim, afirma-se que os valores foram semelhantes aos reportados na literatura.

Segundo Pobiega, Krasniewska e Gniewosz (2019), o teor de umidade da geoprópolis pode sofrer forte influência da umidade do ambiente em que se situa, pois, sua composição pode ou não conter partículas de argila, que conseqüentemente apresentam grande capacidade de retenção de água. Além disso, Lavinhas et al (2019) afirmam que o comportamento de coleta, vegetação, região e o gênero das abelhas nativas também podem influenciar na composição da geoprópolis.

Em relação ao pH, todas as resinas apresentaram caráter ácido (Tabela 2), pois todas apresentaram valores abaixo de 7,0. A resina de jatobá apresentou pH de 4,82. Este resultado corrobora com estudos realizados por Pereira, Medeiros e Souza (2018) e Silva et al. (2022) que trabalharam com a tintura de jatobá da mesma espécie e obtiveram valores médios de 5,04 e 5,11, respectivamente. O valor do pH da resina

de breu foi semelhante ao estudo de Menezes Filho, Santos e Castro (2021) que avaliaram a resina de *Protium spruceanum* e obtiveram valor médio de 5,63. Luz (2021) analisaram dez amostras de geoprópolis de *Melipona subnitida* e encontraram valores entre 4,15 e 5,9, sendo assim o valor obtido no presente trabalho também se enquadra nesta faixa de variação.

De acordo com Domínguez et al. (2019) e Padró, Gonzáles e Nuviola (2017) o pH relativamente ácido das resinas podem estar relacionadas a compostos de natureza fenólicas, ou por diferentes grupos químicos com características ácidas ou básicas presentes nas resinas. O pH é um fator importante para produtos de acabamento, é um componente que influencia na aderência superficial da madeira.

Em relação a densidade, observou-se que a geoprópolis possui densidade de 0,60 g/cm³, valor este encontrado abaixo da faixa relatada por Luz (2021) que encontrou valores de 0,796 e 0,859 g/cm³. Enquanto as resinas de jatobá e breu, possuem densidade de 0,38 e 0,30 g/cm³, respectivamente.

Ainda de acordo com a Tabela 2, em relação a solubilidade em álcool etílico foram utilizados vários testes pilotos em que observou-se que a solubilidade das resinas foi baixa quando foram utilizadas proporções 1:10 (resina:solvente) e sem aquecimento. Quando extraídas na proporção 1:20, a 70°C sob agitação, obtiveram-se os melhores resultados. Observou-se que a solubilidade da geoprópolis (22,2%), foi menor quando comparada com as resinas de breu (95,2%) e jatobá (99,4%), em função da baixa solubilidade (rendimento), a resina de geoprópolis foi utilizada apenas nas concentrações de 5 e 10%.

Para a solubilidade de geoprópolis, Ferreira et al. (2020) afirmaram que a variação desta propriedade é de 0,9 a 35,5%. Por outro lado, Lavinias et al (2019) afirmam que a presença da matéria mineral, solo/argila pode ser um forte indicativo de influência nas propriedade físico-químicas da geoprópolis. Um possível exemplo é a densidade da geoprópolis obtido nesta pesquisa que foi o dobro do valor encontrado para as resinas de breu e jatobá. Possivelmente a fração solo/argila pode ter influenciado neste resultado.

4.2. Retenção de Resinas e Extrativos

Na Figura 6, estão dispostas as médias dos valores de retenção de resinas e extrativo em kg.m^{-3} , em diferentes concentrações testadas. Observa-se que a retenção desses produtos na madeira de Marupá foram maiores nas concentrações de 40%, variaram de 109,33 a 239,60 kg.m^{-3} , e nas concentrações de 20% com intervalos de 82,27 a 99 kg.m^{-3} .

A retenção dos extrativos na concentração de 4% foi inferior aos valores médios apresentados para as demais concentrações. A retenção obtida no trabalho difere dos resultados encontrados por Lyra (2021) que obteve valores entre 26 e 35 kg.m^{-3} . Por outro lado, os resultados obtidos nesta pesquisa foram semelhantes aos resultados encontrados por Nascimento, Morais e Barbosa (1999), que citaram valores entre 4,85 a 5,05 kg.m^{-3} , semelhante ao resultado encontrado no presente trabalho.

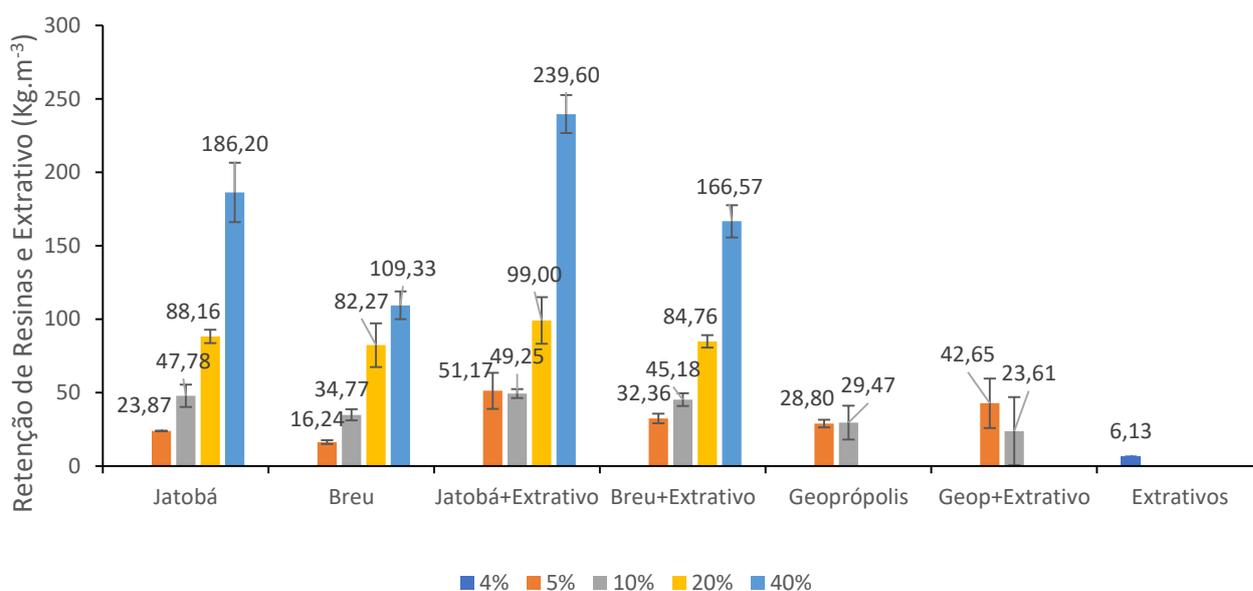


Figura 6 – Médias e desvio padrão dos valores de retenção de resinas e extrativos em diferentes concentrações.

Fonte: autor, 2023.

4.3. Ensaio de Inibição Fúngica

Na Figura 7, podem ser observados os valores médios de inibição dos diferentes extratos e concentrações testadas ao fungo de podridão parda (*G. trabeum*). Nota-se que a combinação dos extratos de geoprópolis + extrativo (5% e 10%) e extrativo (4%), resultaram no maior percentual de inibição fúngica de *G. trabeum*, obtendo valores de 98% de inibição. Na sequência observa-se que a solução de jatobá + extrativo (5%) inibiu o desenvolvimento fúngico numa taxa de 83,28% e breu + extrativo (5%) a inibição foi correspondente a 77,10% de inibição. No entanto, a combinação de breu + extrativo (20%) e jatobá + extrativo (40%), foram as menos expressivas em relação as demais concentrações com 35,50 e 37,58% de inibição, respectivamente.

Brand, Anzaldo e Moreschi (2006), afirmam que a combinação de substâncias pode ocorrer (sinergia de compostos), ou seja, combinação de uma substância biocida com outras substâncias de características desejáveis podem ser mais eficientes no controle desses agentes xilófagos. No presente trabalho a sinergia dos compostos não foi identificada, pois somente o extrativo (4%) foi mais eficiente na inibição do crescimento do fungo *Gloeophyllum trabeum*.

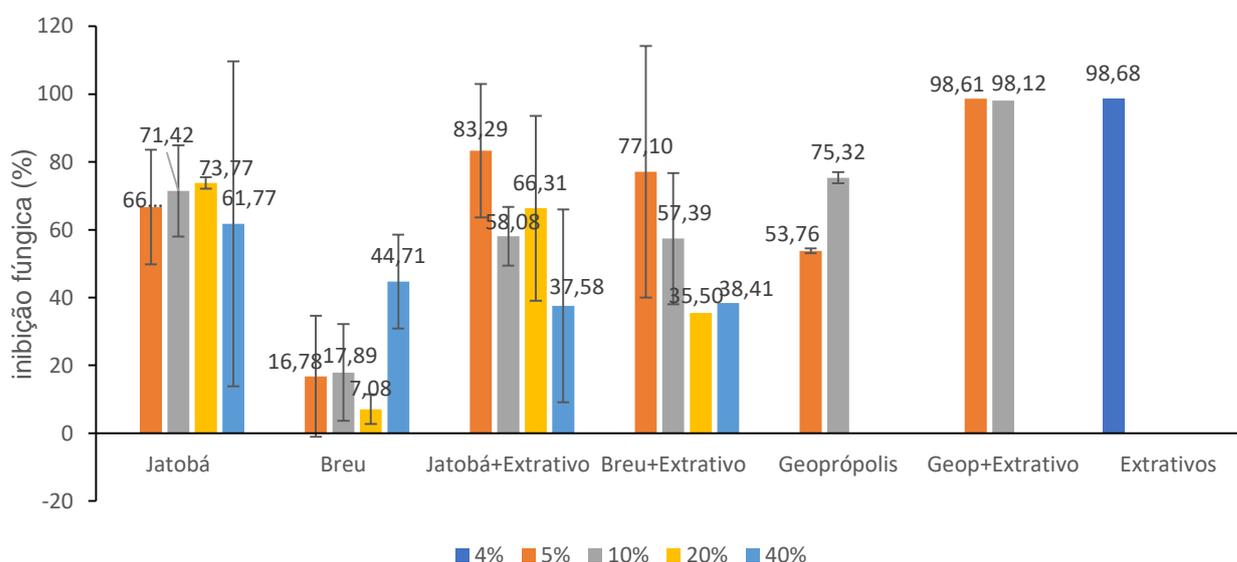


Figura 7 – Valores médios e desvio padrão de inibição fúngica de *Gloeophyllum trabeum* em diferentes extratos e concentrações testadas.

Fonte: autor, 2023.

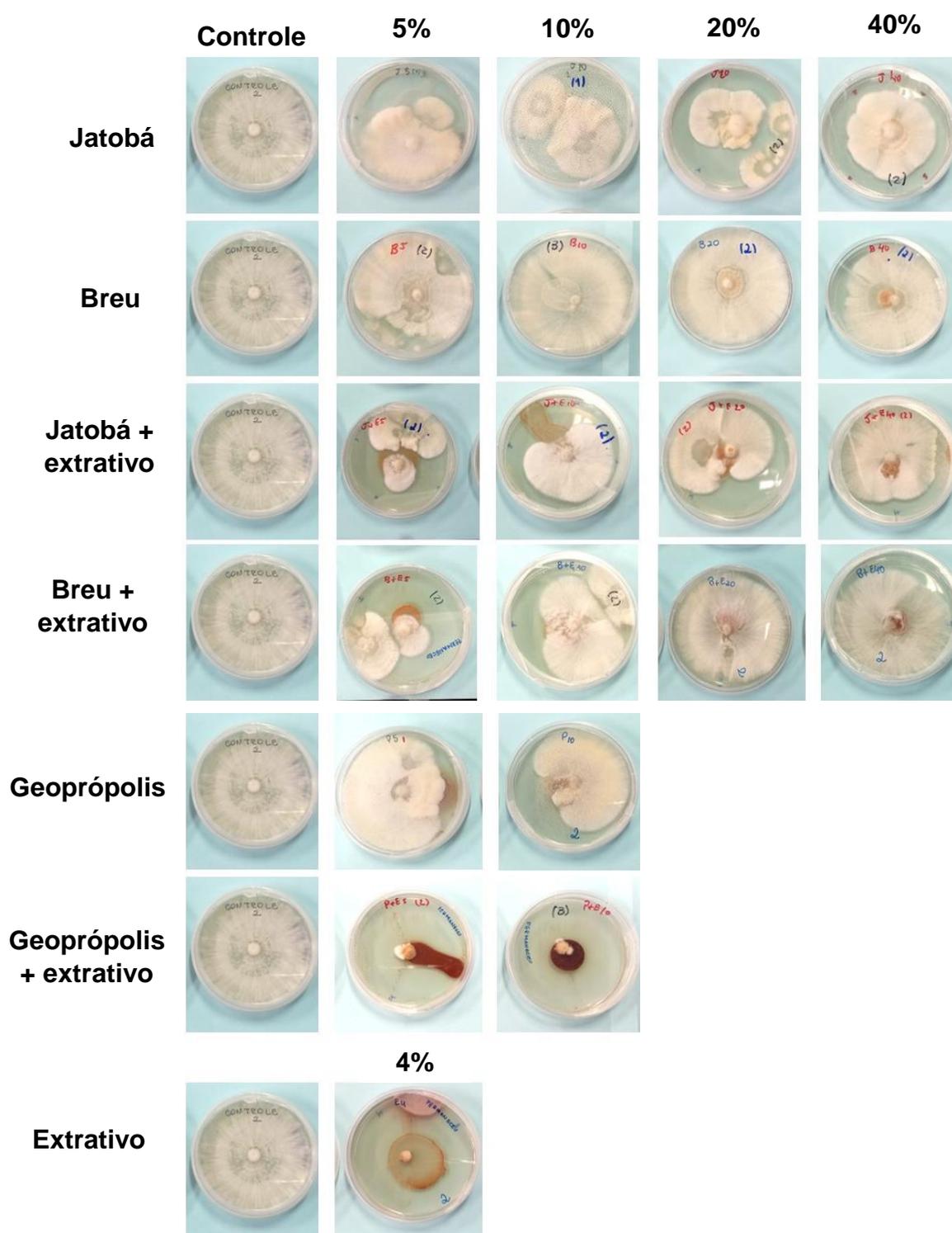


Figura 8 – Inibição de *Gloeophyllum trabeum* em diferentes tratamentos e concentrações após 11 dias de ensaio.
 Fonte: autor, 2023.

Dentre os extratos separados, as concentrações de breu 5,10 e 20% apresentaram uma baixa inibição fúngica (16,77, 17,89 e 7,08%, respectivamente). O baixo percentual de inibição das concentrações demonstra que apenas a resina não possui eficácia no combate ao fungo de podridão parda testado. Entretanto em alta concentração (40%) a inibição do fungo apresentou melhores resultados. Ao contrário da resina de breu, as concentrações de jatobá e geoprópolis, sem a adição de extrativo obtiveram maiores taxas de inibição nos intervalos entre 61, 77 a 73,7% e 53,76 a 75,32, respectivamente.

Na Figura 8, nota-se a visibilidade de inibição de cada amostra em diferentes concentrações, observa-se que a geoprópolis + extrativos (5 e 10%) e extrativos (4%) apresentam caráter inibitório para *Gloeophyllum trabeum*. Em seguida, jatobá + extrativo (5%), breu + extrativo (5%), Jatobá (5,10, 20 e 40%) e geoprópolis (5 e 10%).

4.4. Absorção de Água após a Impregnação da Madeira

Na Figura 9, pode-se observar a absorção de água pelas amostras impregnadas com as resinas estudadas. Nota-se que a amostra testemunha (controle) sem a impregnação de resinas evidenciaram a maior taxa de absorção em relação aos demais tratamentos.

Nas primeiras 24 h, a absorção de água da testemunha obteve valor de 135,55%, isto se deve pela baixa densidade da madeira de marupá, já que as espécies de baixa densidade apresentam maior volume de espaços vazios disponíveis na estrutura anatômica, isso facilita o processo de absorção pois este fenômeno é físico, ou seja, água entra por capilaridade nos lúmens e espaços vazios na estrutura interna da madeira (DURLO; MARCHIORI, 1992).

Na madeira impregnada apenas com a solução de extrativos observou-se absorção de água de 73% nas primeiras 24 h. No entanto com a impregnação da madeira por resinas, notou-se um forte efeito de impermeabilização superficial impedindo a absorção de água nas primeiras 24 horas. As amostras impregnadas com maior concentração de resinas (40%), foram as que obtiveram melhores resultados frente a absorção de água apresentando valores de 11, 12, 12 e 15% para os tratamentos de jatobá + extrativo, breu + extrativos, jatobá e breu, respectivamente.

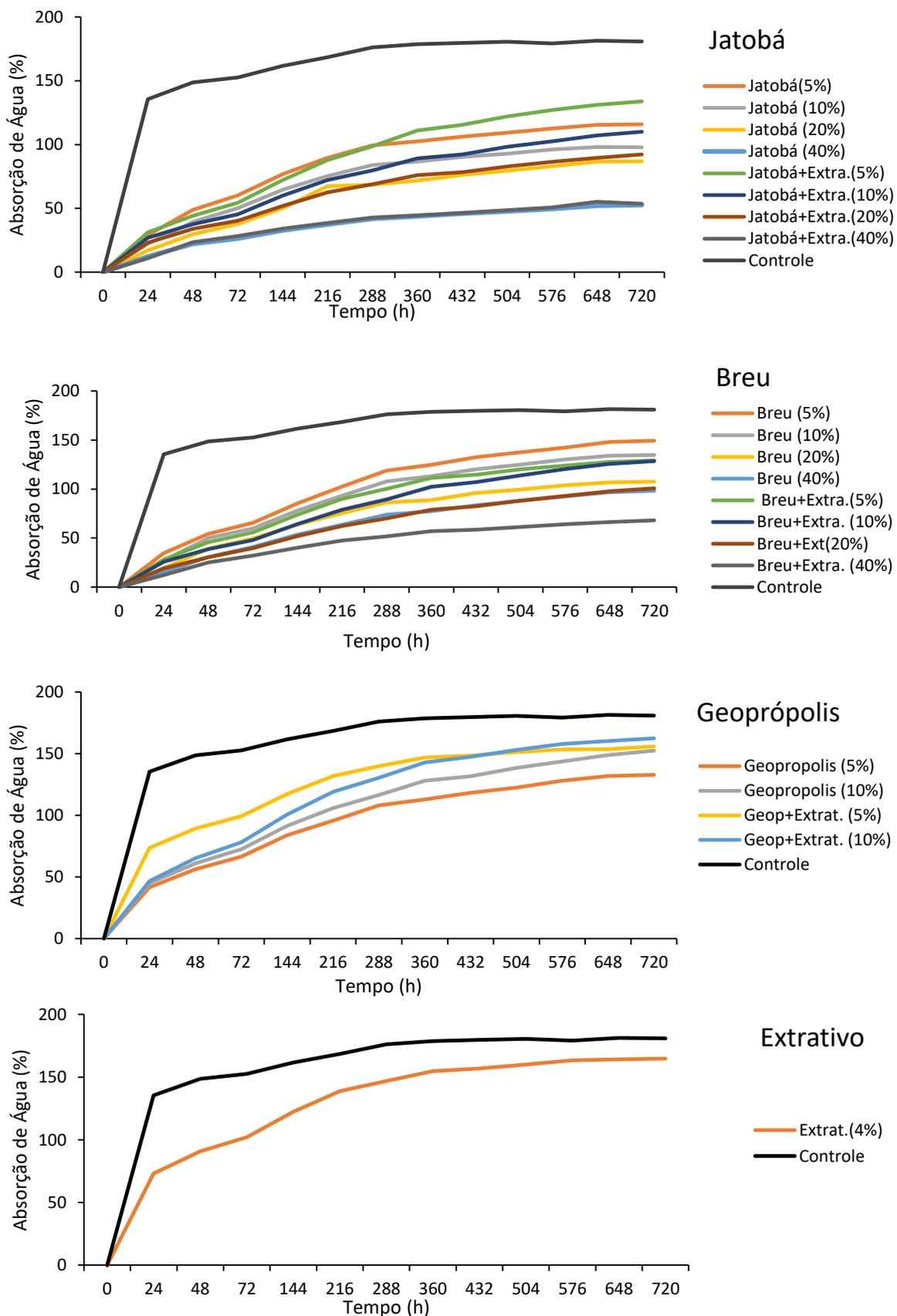


Figura 9 – Absorção de Água em diferentes tratamentos
 Fonte: autor, 2023.

Ainda nas primeiras 24 h de ensaio, as resinas e suas combinações concentradas a 20% apresentaram absorção variando de 17 a 23%, enquanto nas concentrações de 10%, as absorções de água variaram de 22 a 27%, com exceção da resina de geoprópolis e sua combinação com extrativos, que apresentou absorção de 45%.

Para as concentrações de 5%, as absorções variaram de 28 a 35%, ocorrendo novamente uma exceção para a geoprópolis e a combinação de geoprópolis com extrativos, em que os valores foram de 47 e 74%, respectivamente. Ao final do ensaio após 720 h de imersão em água, o tratamento controle apresentou 180% de absorção de água, enquanto os menores valores (~53%) foram encontrados na madeira impregnada com a resina de jatobá a 40 % e sua mistura com extrativos. Os demais tratamentos apresentaram absorção que variaram de 70 a 160%.

Nogueira et al. (2002) utilizou a resina de jatobá concentrada em ~20% e obteve resultados satisfatórios de impermeabilização da madeira de *Ficus* sp. Entretanto, estudos realizados por Devi e Maji (2018) utilizando a madeira de *Bombex ceiba*, impregnou a vácuo soluções de sílicas e verificaram a resistência da madeira a absorção de água.

Além disso, Jia et al. (2016), avaliaram o potencial hidrofóbico da sílica na superfície da madeira de *Cunninghamia lanceolata* (abeto-chinês), onde obtiveram resultados satisfatório. Rovedder Junior et al. (2021) observaram menores taxas de absorção de água em madeiras de *Pinus elliottii* tratadas com sílicas extraídas da casca do arroz.

4.5. Retratibilidade da Madeira de Marupá em diferentes tratamentos

Na Tabela 3 são apresentados os resultados de densidade básica, do ensaio de retratibilidade para planos tangencial e radial, além da contração volumétrica e fator anisotrópico nos diferentes tratamentos da madeira. A madeira de Marupá apresentou densidade de 0,39 g.cm⁻³, enquanto a madeira impregnada apresentou valores de densidade mais expressivos nos tratamentos com resinas concentradas a 40%, variando de 0,49 a 0,62 g.cm⁻³.

Para a retratibilidade, notou-se que os resultados não foram tão expressivos quanto na absorção de água. No entanto, foi possível observar uma ligeira redução

para a contração tangencial e volumétrica nos tratamentos com resina de jatobá + extrativo, breu + extrativo e geoprópolis + extrativo.

De acordo com os resultados, os valores na direção tangencial correspondem quase o dobro do valor obtido no sentido radial, o que era de se esperar. Durlo e Marchiori (1992) afirmaram que os valores de contração no sentido tangencial possuem o dobro dos valores no sentido radial e estas diferenças podem ser atribuídas a característica anatômica da madeira de folhosas, pois quanto maior o volume de raios (altura e largura das células), maior a redução da variação dimensional no sentido radial.

Nogueira et al (2002) obtiveram resultados semelhantes utilizando a resina de jatobá impregnada na madeira de Figueira Branca (*Ficus monckii*) os autores identificaram melhorias na impermeabilização e na redução do inchamento no sentido tangencial da madeira. No entanto, para as resinas de breu, geoprópolis e extrativo, não há, na literatura trabalhos relacionados a impregnação destes produtos em madeiras para melhoria desta propriedade física.

Ainda na Tabela 2, as médias de contração volumétrica variaram entre 6,89 (geoprópolis + extrativo) a 9,64 (jatobá). Sobre o fator anisotrópico, Moreschi (2012) afirma que o fator ideal de anisotropia seriam valores próximo a 1, o que seria impossível para a avaliação em madeiras, pois quanto maior a variação nos sentidos tangenciais e radiais, maior é o valor anisotrópico. No presente trabalho, foram obtidas melhores coeficiente de anisotropia no tratamento com resina de jatobá nas concentrações de 10 e 40% (1,87 e 2, respectivamente), bem como no tratamento com geoprópolis na concentração de 5% com 1,61 de coeficiente de anisotropia.

Chies (2005), afirma que tomando apenas os valores de fator anisotrópico de forma isolada não caracteriza a madeira com estável dimensionalmente, o que causa uma falsa sensação de estabilidade dimensional. Segundo Rodrigues, Silveira e Castello (2014), as variações dimensionais associadas ao fator anisotrópico atribuem na madeira características indesejáveis, limitando seu uso para diversos fins.

Balfas (2019) ao testar a mistura das resinas de goma-laca e damar concentradas a 8% e misturadas com extrativo de teca, encontrou melhoria significativa na qualidade da madeira de seringueira, com redução do inchamento e o aumento da resistência mecânica e durabilidade natural, evidenciando o potencial do uso de resinas orgânicas e extratos vegetais para a melhoria das propriedades da madeira.

Tabela 2 – Dados médios de densidade básica e retratibilidade madeira de Marupá impregnada com as resinas de breu, jatobá e geoprópolis em diferentes concentrações e suas respectivas combinações com extrativos

Tratamento	Conc. (%)	DB (g cm ⁻³)	CT (%)	CR (%)	CV (%)	FA
Jatobá	5	0,43 (0,01) f	6,4 (0,67) a	3,05 (0,41) a	9,64 (1,00) a	2,12 (0,25) b
	10	0,45 (0,01) e	5,69 (0,52) a	3,08 (0,46) a	8,85 (0,80) b	1,87 (0,28) c
	20	0,49 (0,02) d	5,88 (0,67) a	2,84 (0,46) b	8,80 (0,77) b	2,12 (0,46) b
	40	0,57 (0,03) b	6,21 (0,67) a	3,20 (0,67) a	9,61 (1,10) a	2,00 (0,41) b
Jatobá + extrativo	5	0,43 (0,01) f	5,18 (0,21) c	2,03 (0,14) c	7,21 (0,26) d	2,57 (0,24) a
	10	0,43 (0,01) f	5,57 (0,74) b	2,22 (0,31) c	7,91 (0,89) c	2,54 (0,42) a
	20	0,47 (0,02) d	5,21 (0,63) c	2,41 (0,45) c	7,59 (0,99) c	2,20 (0,31) b
	40	0,62 (0,01) a	5,57(0,45) b	2,69 (0,37) b	8,38 (0,61) b	2,11 (0,40) b
Breu	5	0,40 (0,01) g	5,16 (0,41) c	2,20 (0,22) c	7,39 (0,53) d	2,37 (0,29) a
	10	0,42 (0,01) f	5,47(0,33) b	2,26 (0,17) c	7,88 (0,21) c	2,44 (0,27) a
	20	0,46 (0,02) e	5,46 (0,62) b	2,47 (0,24) c	8,09 (0,75) c	2,55 (0,25) b
	40	0,49 (0,02) d	5,50 (0,45) b	2,40 (0,27) c	7,99 (0,45) c	2,32 (0,30) a
Breu + extrativo	5	0,42 (0,01) f	5,10 (0,58) c	2,01 (0,24) c	7,17 (0,71) d	2,55 (0,24) a
	10	0,43 (0,01) f	4,97 (0,63) c	2,17 (0,19) c	7,21 (0,65) d	2,30 (0,32) a
	20	0,47 (0,01) e	5,19 (0,22) c	2,02 (0,14) c	7,28 (0,24) d	2,58 (0,25) a
	40	0,55 (0,01) c	5,31 (0,35) c	2,29 (0,29) c	7,62 (0,61) c	2,34 (0,22) a
Geoprópolis	5	0,46(0,02) e	5,07 (0,67) c	3,01 (0,38) a	7,87 (0,59) c	1,72 (0,38) c
	10	0,42 (0,02) f	5,53 (0,48) c	2,02 (0,29) c	7,59 (0,78) c	2,76 (0,22) a
Geoprópolis + extrativo	5	0,43 (0,02) f	5,07 (0,67) c	2,33 (0,34) c	6,89 (1,10) d	2,12 (0,30) b
	10	0,42 (0,03) f	5,39 (0,47) b	2,26 (0,21) c	7,68 (0,54) c	2,40 (0,30) a
Extrativo	4	0,40 (0,01) g	5,63 (0,27) b	2,28 (0,34) c	7,96 (0,55) c	2,51 (0,31) a
Controle	-	0,39 (0,01) g	6,28 (0,43) a	2,71 (0,24) b	8,99 (0,63) b	2,32 (0,17) a

Em que: Conc.= concentração, DB= densidade básica, CT= contração tangencial, CR= contração radial, CV= contração volumétrica e FA= fator anisotrópico. Valores entre parênteses representam o desvio padrão. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, conforme o teste Scott-Knott, em 5% de probabilidade.

Fonte: autor, 2023.

5.CONCLUSÕES

De forma geral, conclui-se que foi possível obter valores expressivos na solubilidade das resinas de breu e jatobá. Em relação ao extrato de geoprópolis a quantificação de extrato foi menor quando comparado as anteriores, pois sua composição pode ter influenciado no rendimento do mesmo no solvente testado.

A impregnação das resinas na madeira de Marupá apresentou resultados satisfatório de retenção para todas as concentrações testadas. Apesar de apresentar baixo teor de retenção na madeira, os extrativos e a combinação de geoprópolis + extrativos promoveram maior inibição ao fungo de podridão parda, juntamente com as resinas de jatobá, jatobá + extrativo, breu+ extrativo e geoprópolis. Dessa forma, estes tratamentos demonstram que esses compostos possuem efeito inibitório ao fungo testado.

Para a absorção de água, as resinas de breu e jatobá a 40% e suas misturas com extrativos foram eficazes na impermeabilização da madeira, nas primeiras 24 h, no entanto apenas a resina de jatobá garantiu melhor resultado ao final do ensaio. Sobre a retratibilidade da madeira a contração tangencial e volumétrica foi ligeiramente reduzida em todos os tratamentos. A médias do fator anisotrópico não se diferiram tanto entre si, porém as concentrações de 5% de geoprópolis, 5 e 10% de jatobá apresentam melhores resultados.

Contudo, sugere-se que trabalhos semelhantes sejam efetuados avaliando outras resinas e extrativos provenientes de madeira. Além disso, que sejam realizados testes mecânicos e outras simulações de uso prolongados, para ampliar o emprego da madeira para diversos fins, como construção civil, movelarias e entre outros setores.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKCAY, C. et al. Durability of wood treated with própolis. **BioResources**, v.15, n.1, p.1547-1562, 2020.

ALBINO, V. C. S; MORI, F. A.; MENDES, L. M. Influência das características anatômicas e do teor de extrativos totais da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden na qualidade da colagem. **Ciência Florestal**, v. 22, n. 4, p. 803-811, 2012.

ALMEIDA, P. D. O. **Avaliação da atividade anti-inflamatória de triterpenos isolados de óleo-resinas de *Protium paniculatum* Engler (burseraceae)**. 2013, 70f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, AM, 2013.

ALMEIDA, T. H. **Estudo da estabilidade dimensional de madeiras tropicais brasileira**. 2015, 103f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2015.

AMARAL, M. F. Z. J; BARA, M. T.F. Avaliação da atividade antifúngica de extratos de plantas sobre o crescimento fitopatogênico. *Revista Eletrônica de Farmácia* v. 2, n. 2, p. 5-8, 2005.

AMERICAN WOOD PROTECTION ASSOCIATION. *AWPA Book of Standards*, Birmingham, p. 642, 2016.

ARRUDA, R. S. I. et al. Structure and rheological properties of a xyloglucan extracted from *Hymenaea courbaril* var. *courbaril* seeds. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 73, p. 31-38. 2015.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR-7190: Projeto de Estruturas de Madeiras. São Paulo, 1997.

BAHIA, M.S. **Biodeterioração e a durabilidade da madeira: estudo de aspectos construtivos em Campo Mourão-PR**. 2015, p. 109. Monografia (Título de Engenheiro Florestal). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2015.

BALFAS, J. Impregnation of teak extract and resins in rubberwood and fast-grow teak wood. *Journal of Tropical Forest Science*, v. 31, n. 2, p.189-199, 2019.

BARI, E. et al. Comparison between degradation capabilities of the whiterot fungi *Pleurotus ostreatus* and *Trametes versicolor* in beech wood. **International Biodeterioration and Biodegradation**, v. 104, p. 231–237, 2015.

BRAND, M. A; ANZALDO, J; MORESCHI, J. C. Novos produtos para o tratamento preservante da madeira. “perspectivas da pesquisa e utilização”. **Revista Floresta**, Curitiba, PR, v. 36, n. 1, 2006.

BROCCO, V. F. **Potencialidades dos extrativos do cerne da madeira de teca como preservativo natural e sua influência na cor de madeiras claras**. 86f, 2014. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, 2014.

BROCCO, V. F. et al. Potential of teak heartwood extracts as a natural wood preservative. **Journal of Cleaner Production**, v.142, p.2093-2099, 2017.

CAMPOS, J. F.; et al. Antimicrobial, antioxidant and cytotoxic activities of propolis from *Melipona orbignyi* (Hymenoptera, Apidae). **Food and Chemical Toxicology**, v.65, p.374-380, 2014.

CARDOZO, D. V. et al. Variabilidade química de geoprópolis produzida pelas abelhas sem ferrão Jataí, Mandaçaia e Mandurí. **Revista. Virtual de Química**, v. 7, n. 6, p.2457-2474, 2015.

CARVALHO, D. E. et al. Fungos manchadores e emboladores. In: CASTRO, Vinicius Gomes de et al. **Deterioração e Preservação da Madeira**. Mossoró: Edufersa, Cap. 2, p. 21-39, 2018.

CHIES, D. **Influência do espaçamento sobre a qualidade e o rendimento da madeira serrada de *Pinus taeda* L.** 123f. 2055. Dissertação (Mestrado em) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

CIPRIANO, J. et al. O gênero *Hymenaea* e suas espécies mais importantes do ponto de vista econômico e medicinal para o Brasil. **Caderno de Pesquisa, Série Biologia**. v. 26. n. 2. p. 41-51, 2014.

CORRÊA, J. J. L. **Copal do Brasil: ocorrência e caracterização físico-química da resina jutaica de Santarém**. 2015, 95f. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais da Amazônia) – Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, PA, 2015.

CUNHA, V. R. **Produção e caracterização de impermeabilizante a base da resina de breu branco da Amazônia**. 2020, 100f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, AM, 2020.

DEVI, R R.; MAJI, T. K. Effect of nanofillers on flameretardancy, chemical resistance, antibacterial properties and biodegradation of wood/styrene acrylonitrile co-polymer composites. **Wood Science Technology**, v. 47, p. 1135-1152, 2013.

DIX, N. J.; WEBSTER, J. Colonization and Decay of Wood. In: **Fungal Ecology**. Dordrecht: Springer, p. 145–171, 1995.

DOMÍNGUEZ, O. G. P. et al. Estudio químico y evaluación biológica del extracto etanólico de *Allium schoenoprasum* L. Regel & Tiling (Cebollín). **Revista Cubana de Farmacia**, v. 52, n. 1, 2019.

DURLO, M. A.; MARCHIORI, J. N. C. **Tecnologia da madeira: retratibilidade**. Santa Maria : CEPEF/FATEC, Santa Maria, 1992. 33p. (Série técnica, 10).

EATON, R. A.; HALE, M. D. C. **Wood - Decay, pests and protection**. 1 edition ed. London: Chapman & Hall, 1993.

FERREIRA, B. L. et al. Dataset about Southern-Brazilian geopropolis: physical and chemical perspectives. **Data in brief**, v. 29, p. 10-109, 2020.

FERREIRA, R. G. D. S. **Obtenção da mistura triterpênica de α , β -Amirenonae avaliação de seus efeitos hipolipemiante, hipoglicemiante e antiobesidade**. 2017. 111 f. Tese (Doutorado em Biotecnologia) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, AM, 2017.

FOELKEL, C. E. et al. Métodos para determinação da densidade básica de cavacos para coníferas e folhosas. **IPEF**, n.3, p.65-74, 1971.

FOUGÈRE-DANEZAN, M. et al. Morphological evolution in the variable resin-producing Detarieae (Fabaceae): do morphological characters retain a phylogenetic signal? **Annals of Botany**, v.105, n.2, p. 311 – 325, 2010.

FREIRE, J. M et al. Vegetative propagation of *Hymenaea courbaril* L. and *Apuleira leiocarpa* (Vogel) J.F Macbr by Mini-Cutting. **Revista Árvore**, 2020.

GALVÃO, A. P. M.; JANKOWSKY, I. P. **Secagem racional da madeira**. Nobel, São Paulo, p. 112, 1985.

GODELL, B. Brown-rot fungal degradation of wood: our evolving view. In: GODELL, B. 2003.

GOMES, J. I.; FERREIRA, G. C. Durabilidade Natural de Quatro Madeiras Amazônicas em Contato com o Solo. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, p. 3, 2002.

JIA, S. et al. Facile and scalable preparation of highly wear-resistance superhydrophobic surface on wood substrates using silica nanoparticles modified by VTES. **Applied Surface Science**, v. 386, p. 115-124, 2016.

KADIR, R.; HALE, M. D. Comparative termite resistance of 12 Malaysian timber species in laboratory tests. **Holzforschung**, v. 66, n. 1, p. 127-130, 2012.

KLOCK, U.; ANDRADE, A.S. **Química da Madeira**. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Florestais, Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal. Curitiba, 4^o edição revisada, p. 03 -81, 2013.

LABORATÓRIO DE PRODUTO FLORESTAIS – LPF. **Informações Sobre Madeiras: Marupá**. Disponível em < www.lpf.florestal.gov.br/pt-br/?option=com_madeirasbrasileiras&especieestudadaid=231 > acessada em 03 de janeiro de 2023.

LAVINAS, F. C. Brazilian stingless bee propolis and geoprópolis: promising sources of biologically active compounds. *Brazilian Journal of Pharmacognosy*, v. 29, p. 389 – 399, 2019.

LOIOLA, P. L. **Efeitos de soluções salinas na estabilidade dimensional da madeira de eucalipto e na corrosividade de chapas de aço carbono**. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Industrial Madeireiro) – Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo, 2012.

LUZ, K. S. Silva. **Produtos meliponícolas de abelha jandaíra (*Melipona subnitida*) do semiárido potiguar**. 137 f, 2021. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, 2021.

LYRA, P. H. C. eficácia de extratos de madeiras amazônicas contra térmitas xiofagas. 31 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Florestal) – Universidade do Estado do Amazonas, 2021.

McCOY, E. V. et al. The chemistry of American and African amber, copal, and resin from the genus Hymenaea. **Organic Geochemistry**, v. 113, p. 43-54, 2017.

MARCONDES, E. et al. Resistência natural da madeira de duas espécies amazônicas em ensaios de deterioração de campo. **Scientia Plena**, v.9, n.6, p.1-9, 2013.

MELO, R. R. et al. Durabilidade natural da madeira de três espécies florestais em ensaio de campo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 2, p.357-365, 2010.

MENEZES FILHO, A. P; SANTOS, M. C; CASTRO, C. F. S. Avaliação fitoquímica, físico-química e atividades antioxidante, hemotóxica e antibacteriana do extrato de *Protium spruceanum* (Benth.) Engl. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 9, n.1, 2021.

MIRANDA, M. C. et al. Propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Parkia gigantocarpa* ducke. **Ciência da Madeira**, v. 3, n. 2, p. 55-65, 2012.

MORESCHI, J. C. **Propriedades tecnológicas da madeira**. Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, UFPR, v. 1, p. 28-29, 2014.

MORESCHI, J. C. **Propriedades da madeira**. Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal, UFPR, 4 ed., p. 1-129, 2012.

MOYA, R.; BOND, B.; QUESADA, H. A review of heartwood properties of *Tectona grandis* trees from fast-growth plantations. **Wood Science and Technology**, v. 48, n. 2, p. 411-433, 2014.

MUSIAL, C. M. et al. Uso de tanino no tratamento preservativo da madeira de *Jacaranda copaia*. Engenharia Florestal: Desafios, Limites e Potencialidades, v.8, 2020.

NASCIMENTO, C. S; MORAIS, J. W; BARBOSA, A. P. **Efeito de extrativos obtidos de espécies florestais impregnados em madeira de *Simaruba amara***

(Marupá) e submetidos ao ataque de *Nasutitermes* sp. (Isoptera; Termitidae). VII! Jornada de Iniciação Científica do INPA, 1999.

NEVES, G. S. **Efeito da aplicação de extrativos naturais e produtos de acabamento na superfície das madeiras de Cedro (*Cedrela odorata*) e Freijó (*Cordia goeldiana*) expostas ao intemperismo acelerado.** 2019, 115f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade de Brasília, DF, 2019.

NOGUEIRA, J. S. et al. Impregnação com resina natural na Figueira Branca como forma alternativa de impermeabilização. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, n.2, p.321-324, 2002.

OLIVEIRA, J. T. S.; HELLMEISTER, J. C.; TOMAZELLO FILHO, M. Variação do teor de umidade e da densidade básica na madeira de sete espécies de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v.29, n.1, p.115-127, 2005.

OLIVEIRA, J. T. S. et al. Influência dos extrativos na resistência ao apodrecimento de seis espécies de madeira. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 5, p. 819-826, 2005.

OLIVEIRA, M. S. et al. Avaliação de três parâmetros físicos-químicos de qualidade em amostras de própolis e geoprópolis de abelhas nativas sem ferrão da Amazônia. **IX Congresso Brasileiro de Agroecologia**, Belém – PA, 2015.

OLIVEIRA; F. G. S; et al. The genus *Hymenaea* (Fabaceae): A chemical and pharmacological Review. **Studies in Natural Products Chemistry**, v.58, p.339 – 388, 2019.

PADRÓ, L. R.; GONZÁLEZ, T. L.; NUVIOLA, D. F. Caracterización preliminar de tinturas al 10% de *Bixa orellana* l. **Revista Cubana de Química**, v. 29, n. 1, p. 103-114, 2017.

PAES, J. B. et al. Eficiência dos óleos de nim e mamona contra cupins xilófagos em ensaio de alimentação forçada. **Cerne**, Lavras, v. 16, n. 1, p. 105-113, 2010.

PAES, J. B. et al. Efeitos dos extrativos e cinzas na resistência natural de quatro madeiras a cupins xilófagos. **Cerne**, Lavras, v.19, n.3, p.399-405, 2013.

PALHARINI, K. M. Z. et al. Avaliação das propriedades físicas em madeiras de *Croton celtidifolius* e *Myracrodruon urundeuva*. **Enciclopédia Biosfera**, v.10, n.19, p. 2982, 2014.

PEDRAZZI, C. et al. **Química da Madeira**. Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Departamento de Ciências Florestais, Santa Maira, RS, 2019.

PEREIRA, I. S.; MEDEIROS, F. D.; SOUZA, J. B. P. Avaliação de parâmetros físico-químicos de qualidade para tintura de jatobá (*Hymenaea* sp). In: **XXV Simpósio de Plantas Medicinais do Brasil**, São Paulo SP, 2018.

PESTANA, L.T.C. **Estudo taxonômico de *Hymenaea* L.: complexo *H. courbaril*, *H. martiana* e *H. stigonocarpa* (Fabaceae: Caesalpinioidea: Detarieae).** 2010, Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, MS, 2010.

POBIEGA, K.; KRASNIEWSKA, K.; GNIEWOSZ, M. Application of propolis in antimicrobial and antioxidative protection of food quality – A review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 83, p. 53-62, 2019.

RODRIGUES, D.A.; SILVEIRA, A. P.; CASTELLO. Determinação de propriedade físico-mecânicas da madeira de cinco espécies madeireiras da Amazônia Meridional. **Scientific Electronic Archives**, v.7, n.52, p. 52-58, 2014.

ROVEDDER JÚNIOR, P. et al. Propriedades físicas e químicas da madeira de *Pinus elliottii* impregnada com sílica. **Scientia Forestalis**, v. 49, n. 130, p. 1-12, 2021.

RUDIGER, A. L. **Estudo fitoquímico e citotóxico de oleoresinas de Burseraceae.** 2012, 216f. Tese (Doutorado em) Universidade Federal do Amazonas, AM, 2012.

RUDIGER, A. L. SIANI, A. C; VEIGA-JUNIOR, V. F. The chemistry and pharmacology of the South America genus *Protium burm f.* (burseraceae). **Pharmacognosy Review**, p. 93-104, 2007.

RUDIGER, A. L; VEIGA – JUNIOR, V. F. Chemodiversity of ursane and oleanan-type triterpenes in Amazonian Burseraceae oleoresins. **Chemistry and Biodiversity**, v.10, p. 1142-1153, 2013.

SANTANA, T. C. **Uso do extrato de folhas do Jatobá (*Hymenaea martiana* Hayne) na redução das contagens de *Salmonella* spp., *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus* em leite cru.** 2015, 52f. dissertação (Mestrado em Agricultura e Biodiversidade) – Universidade Federal de Sergipe, 2015.

SARTO, C; SANSIGOLO, C. A. Cinética da remoção dos extrativos da madeira de *Eucalyptus grandis* durante polpação Kraft. **Acta Scientiarum Technology**, v. 32, n. 3, p. 227-235, 2010.

SCHWARTZ, G. Jatobá – *Hymenaea courbaril*. **Exotic Fruits**, Academic Press, p. 257 – 261, 2018.

SIAU, J. F. Transport processes in wood. Berlim: **Springer Series in Wood Science** p. 223, 1984.

SILVA, J. C. **Anatomia da madeira e suas implicações tecnológicas.** Viçosa, 2005.

SILVA, S. S. 2012. **Estudo do xilema secundário de espécies da família Burseraceae produtoras de óleos.** Tese (Doutorado em Recursos Ambientais e Uso da Terra) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, p. 156, 2012.

SILVA, E. C. C. et al. Constituintes fenólicos e atividade antioxidante da geoprópolis de duas espécies de abelhas sem ferrão amazônicas. **Química Nova**, v.36, n.5, p. 628 – 633, 2013.

SILVA, L. V. M. S. **Propriedades físicas e mecânicas da madeira de Mogno Africano** (*Khaya ivorensis* A. Chev.). 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Florestal) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2013.

SILVA, I. P. et al. Tintura de jatobá (*Hymenaea* sp.): aspectos físico-químicos de qualidade e avaliação da atividade antimicrobiana. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 6, p. 1-11, 2022.

SILVEIRA, A. G. **Utilização de taninos como preservante natural da madeira de *Acacia mearsii* e sua toxidez ao fungo apodrecedor *Pycnoporus sanguineus***. 2015, 90f. dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, RS, 2015.

SILVEIRA, M. F. **Influência de metabólitos secundários de madeiras da Caatinga na resistência ao ataque de fungos apodrecedores**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade de Brasília, DF. 82p. 2018.

SOUZA, I. M.; FUNCH, L. S.; QUEIROZ, L. P. Morphological analyses suggest a new taxonomic circumscription for *Hymenaea courbaril* L. (Leguminosae, Caesalpinioideae). **PhytoKeys**. v. 38, p. 101– 118, 2014.

SOUZA, L. R. et al. Histochemical characterization of secretory ducts and essential oil analysis of Protium species (Burseraceae). **Journal of Essential Oil Research**, v. 28, p. 166-171, 2016.

STANCHEVA, Y. et al. **Atlas of Wood Decaying Fungi**. 1st. ed. Bulgaria: Pensoft Publishers, 2009.

STANGERLIN, D. M. **Monitoramento de Propriedades de Madeiras da Amazônia Submetidas ao Ataque de Fungos Apodrecedores**. 2012, 259f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade de Brasília, DF, 2012.

STANGERLIN, D. M et al. Resistência natural da madeira de três espécies amazônicas submetidas ao ataque de fungos apodrecedores. **Ciência da Madeira** (Brazilian Journal of Wood Science.), Pelotas, v.4, n.1, p.15-32, 2013

TOMAZELI, A. J. et al. Durabilidade natural de quatro espécies florestais em campo de apodrecimento. **Tecno-Lógica**, v. 20, n. 1, p. 20-25, 2016.

VIEIRA, L. F. S. **Influência da composição química de quatro espécies amazônicas na resistência natural ao ataque de fungos apodrecedores**. 2019, p.86p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade de Brasília, 2019.

WALKER, J. C. F. Basic wood chemistry and cell wall ultrastructure. In: WALKER, J. C. F. et al. **Primary wood processing: principles and practice**. Dordrecht: Springer, p. 23-67, 2006.

WITTER, S.; SILVA-NUNES, P. Manual de boas práticas para o manejo e conservação de abelhas nativas – Meliponíneos. Porto Alegre: **Fundação Zoológica Botânica do Rio Grande do Sul**, 2014.

YILGOR, N. et al. Evaluation of fungal deterioration in *Liquidambar orientalis* Mill. heartwood by FT-IR and light microscopy. **BioResources**, v. 8, n. 2, 2805-2826, 2013.

ZABAIU, N. et al. Biological properties of propolis extracts: Something new from an ancient product. **Chemistry and Physics of Lipids**, v.207 (Pt B), p. 214-222, 2017.

ZHANG, Z. et al. Antifungal activity of monoterpenes against wood white-rot fungi. **International Biodeterioration and Biodegradation**, p157-160, 2016.