

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

JAIR FRANCO AGUIAR

RESISTÊNCIA NATURAL DE SETE MADEIRAS AMAZÔNICAS A FUNGOS
XILÓFAGOS EM ENSAIO DE LABORATÓRIO

ITACOATIARA - AM

2022

JAIR FRANCO AGUIAR

RESISTÊNCIA NATURAL DE SETE MADEIRAS AMAZÔNICAS A FUNGOS
XILÓFAGOS EM ENSAIO DE LABORATÓRIO

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Florestal do Centro de Estudos Superiores de Itacoatiara da Universidade do Estado do Amazonas, como requisito para obtenção do título de Engenheiro Florestal.
Orientador: Prof. Dr. Victor Fassina Brocco
Coorientador: Prof. Dr. Luis Antônio Coutrim dos Santos

ITACOATIARA - AM

2022

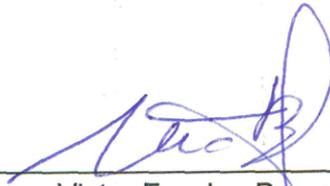
JAIR FRANCO AGUIAR

Resistência natural de sete madeiras amazônicas a fungos xilófagos em ensaio de laboratório

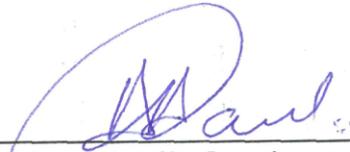
Monografia apresentada ao curso de Engenharia Florestal, da Universidade do Estado do Amazonas, como requisito obrigatório para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Florestal.

Itacoatiara-AM, 18 de maio de 2022.

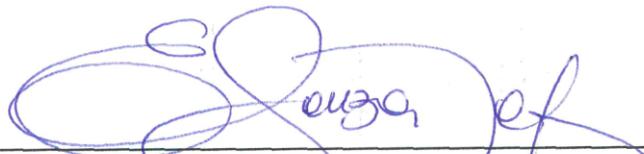
BANCA EXAMINADORA



Victor Fassina Brocco, Dr.
(CESIT/UEA – Orientador)



Anízio de Araújo Cavalcante, Dr.
(CESIT/UEA – Membro)



Eduardo de Souza Mafra, Dr.
(CESIT/UEA – Membro)

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho aos meus grandes mentores, meus pais Jarildo Aguiar e Dulcinéia Andrade Franco, por todo amor, apoio e paciência. Aos meus irmãos, Jailson Franco Aguiar, Ronen Franco Aguiar, Rainara Franco Aguiar e ao meu filho Valentin Aguiar Cunha por toda ajuda, esta dedicatória é toda para a minha família, pois sem eles eu não teria sido capaz de prosseguir na graduação e hoje estar aqui finalizando esse grande ciclo da vida acadêmica.

“Tenha foco e disciplina ambos te levarão a realizar seus sonhos”

Élida Pereira

AGRADECIMENTOS

A Deus e a minha família, por todo o suporte e carinho ao longo dessa jornada, em especial aos meus pais Jarildo Aguiar e Dulcinéia Andrade Franco.

Aos meus irmãos, Jailson Franco Aguiar e Ronen Franco Aguiar, por todo amor e carinho que tiveram comigo durante todos esses anos fora de casa, só Deus sabe o que tive que passar longe de casa. A minha namorada Thalhya Cunha mãe do meu querido filho Valentin, agradeço de coração pelo apoio, amor e pelas conversas, era isso que me deixava feliz e com mais coragem pra enfrentar meus desafios e alcançar meus objetivos.

Aos meus sobrinhos queridos, Maria Julia e Lucas Benjamin, meus amores, meus preciosos, que também foram motivos para eu não desistir.

À Universidade Estadual do Amazonas, e ao Centro de Estudos Superiores de Itacoatiara - CESIT, pela oportunidade de formação profissional e suporte para a realização deste trabalho.

Ao meu orientador, Professor Dr. Victor Fassina Brocco, pela parceria, amizade e conhecimentos transmitidos nesses 12 meses, desde o Pré-projeto TCC1 até aqui.

Ao meu coorientador, Professor Dr. Luis Antônio Coutrim dos Santos pela colaboração, suporte prestado na coleta dos solos.

Aos membros da banca examinadora, Prof. Dr. Eduardo de Souza Mafra, Prof. Dr. Anízio De Araújo Cavalcante, pelas valiosas contribuições e sugestões para melhoria do trabalho.

Aos colegas de pesquisa do Laboratório de tecnologia a da Madeira Lais Gonçalves, Vitoria Barbosa, Marcellly Monteiro, Valeska Farias por toda ajuda e conselhos durante o desenvolvimento dos trabalhos realizados.

Aos professores do CESIT que contribuíram com a minha formação acadêmica, Prof. Augusto Izuka, Prof. Mário Humberto, Prof. Daniel Ferreira, Prof. Luis Antônio de Araújo Pinto, Prof. Louri Klemann, Prof^a Deolinda Lucianne, Prof. Medina, obrigado pela ajuda prestada.

Aos meus colegas da T12 e T13, pelos momentos de diversão durante essa jornada.

Aos amigos que a graduação me deu e que vou levar para vida toda, Fábio Balieiro, Rafael Pedreno, Marco Antônio, Jeferson Nascimento, Ézio Chrysthyan, Gelson Santos, Paulo Ramires, Paulo Santos, Hiago Renan, Jucimar Gomes.

A todos, minha sincera gratidão e reconhecimento.

RESUMO

O estudo teve como objetivo avaliar a durabilidade natural das madeiras de sete espécies amazônicas, arurá vermelho, louro gamela, louro preto, marupá, sucupira preta, sucupira vermelha e tanimbuca, submetidas ao ensaio de apodrecimento acelerado em laboratório com os fungos *Gloeophyllum trabeum*, causador de podridão parda; e *Pyconoporus sanguineus*, causador de podridão branca. As espécies foram previamente analisadas por meio da análise anatômica macroscópica da madeira para a confirmação da identificação fornecida. Em seguida permaneceram durante 12 semanas em contato com os fungos e após esse período foram calculadas as porcentagens de perda de massa, classificadas quanto ao grau de resistência natural e avaliadas quanto ao índice de susceptibilidade ao ataque. As médias dos resultados foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância. O estudo anatômico macroscópico das espécies permitiu confirmar a identificação ao nível de gênero para as espécies, arurá vermelho (*Iryanthera* sp.), louro gamela (*Sextonia rubra*), louro preto (*Ocotea* sp.), marupá (*Simarouba amara*), sucupira preta (*Diplostropis racemosa*), sucupira vermelha (*Andira parviflora*), e tanimbuca (*Buchenavia* sp.), indicando que a identificação fornecida pela empresa estava adequada ao material fornecido. Quanto a durabilidade natural, os resultados foram inexpressivos, no qual a espécie *Simarouba amara* foi a mais susceptível a deterioração durante as 12 semanas de ensaio, onde a espécie obteve perda de massa de ~25%, para o fungo *G. trabeum*, sendo considerada de moderada resistência de acordo com a classificação fornecida pela AWWA E30-16. Em seguida, a madeira de louro preto obteve a segunda maior perda de massa (4%), seguida das demais espécies, onde não foi observada diferença significativa. Observou-se que as perdas de massa obtidas foram pouco expressivas quando comparadas aos resultados encontrados em outros trabalhos. A perda de massa da madeira de marupá submetida ao fungo *P. sanguineus*, foi próxima de 4%, classificando a madeira como de alta resistência ao respectivo fungo, no entanto, os dados obtidos diferem do encontrado pela literatura onde a espécie é classificada como de moderada a baixa resistência natural. As demais espécies foram classificadas como altamente resistentes. Recomenda-se estudos futuros com outras culturas fúngicas para a obtenção de dados mais expressivos.

Palavras-chave: Deterioração; Organismos Xilófagos; Espécies amazônicas.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the natural durability of seven Amazonian woods, arurá vermelho, louro gamela, louro preto, marupá, sucupira preta, sucupira vermelha, tanimbuca, submitted to the accelerated decay test in laboratory with the fungi *Gloeophyllum trabeum*, which causes brown rot; and *Pyconoporus sanguineus*, which causes white rot. The species were previously analyzed by macroscopic wood anatomic analysis to confirm the provided identification. The samples remained in contact with the fungi during 12 weeks and after this period the percentages of mass loss were calculated, classified according to the degree of natural resistance and evaluated according to the susceptibility to attack. The means of the results were compared by the Tukey test at 5% of significance. The macroscopic anatomical analysis of the species allowed to confirm the identification at the genus level for the species, arurá vermelho (*Iryanthera* sp.), louro gamela (*Sextonia rubra*), louro preto (*Ocotea* sp.), marupá (*Simarouba amara*), sucupira preta (*Diploporis racemosa*), sucupira vermelha (*Andira parviflora*), and tanimbuca (*Buchenavia* sp.), indicating that the identification provided by the company was adequate for the material supplied. Regarding the natural durability of the Amazonian woods tested, the results were inexpressive, in which the species *Simarouba amara* was the most susceptible to deterioration during the 12 weeks of testing, and obtained a mass loss of ~25% for the fungus *G. trabeum*, being considered of moderately resistant according to the rating provided by the AWPA E30-16. The louro preto wood had the second highest mass loss (4%), followed by the other species, where no significant difference was observed. It was observed that the mass losses obtained were not very expressive when compared to those found in other studies. The mass loss of marupá wood subjected to the fungus *P. sanguineus* was close to 4%, classifying the wood as highly resistance to the respective fungus, however, the data obtained differ from those found in the literature, where marupá is commonly classified as moderately to non-resistant. The other species were classified as highly resistant. Future studies with other fungal cultures are recommended to obtain more expressive data.

Keywords: Deterioration; Xylophagous Organism; Amazonian species.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 OBJETIVOS	11
2.1 OBJETIVO GERAL	11
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
3.1 DURABILIDADE NATURAL DA MADEIRA	12
3.2 FUNGOS XILÓFAGOS	13
3.3 ENSAIO DE DURABILIDADE NATURAL DA MADEIRA	14
4 METODOLOGIA	17
4.1 COLETA E PREPARO DO MATERIAL	17
4.2 IDENTIFICAÇÃO ANATÔMICA MACROSCÓPIA	19
4.3 RESISTÊNCIA DA MADEIRA A FUNGOS XILÓFAGOS EM CONDIÇÕES DE LABORATÓRIO	20
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
5.1 IDENTIFICAÇÃO MACROSCÓPIA DA MADEIRA	23
5.1.1 <i>Iryanthera</i> sp.	23
5.1.2 <i>Sextonia rubra</i>	23
5.1.3 <i>Ocotea</i> sp.	25
5.1.4 <i>Simarouba amara</i>	25
5.1.5 <i>Diplotropis racemosa</i>	26
5.1.6 <i>Andira parviflora</i>	27
5.1.7 <i>Buchenavia</i> sp.	28
5.2 RESISTÊNCIA DA MADEIRA A FUNGOS XILÓFAGOS EM CONDIÇÕES DE LABORATÓRIO	28
6. CONCLUSÕES	32
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33

1 INTRODUÇÃO

Segundo Paula et al. (2016), a madeira por ser um material versátil e de fácil obtenção, tornou-se essencial para a evolução industrial e tecnológica, sendo atualmente indispensável para diversos setores econômicos, tais como construção civil, movelaria, energia, produção de celulose, entre outros. Stallbaun et al. (2017), destacam que apesar das excelentes características tecnológicas da madeira e de seus derivados, uma das limitações encontradas para a utilização de algumas espécies é a sua baixa resistência natural. De acordo com BAHIA (2015), algumas madeiras estão sujeitas a degradação biológica e ao aparecimento de defeitos naturais em função de sua baixa resistência natural.

Para Calil Jr. et al. (1997), os fatores bióticos relacionados a deterioração da madeira são principalmente fungos, insetos e organismos marinhos. Esses organismos precisam de certas condições para sobreviver, incluindo: temperatura, oxigênio, umidade e uma fonte de alimentação adequada. Tais organismos utilizam os polímeros constituintes da parede celular como alimento através de um eficiente sistema enzimático capazes de metabolizá-los (SILVA; CASTRO; AGUIAR, 2001).

Apesar da deterioração da madeira ser tradicionalmente relacionada ao processo biológico, os agentes físicos também são responsáveis pela degradação. Normalmente esses agentes atuam de forma lenta, mas em locais específicos tornam-se muito graves (RITTER; MORRELL, 1990). Para Calil et al. (1997), os agentes abióticos incluem os condicionantes físicos, mecânicos, químicos e climáticos.

Assim, a durabilidade da madeira é definida como a capacidade desta em resistir a ação desses fatores bióticos e abióticos e pode apresentar baixa, média ou alta resistência a ação desses agentes. Os testes mais realísticos para verificar a durabilidade natural da madeira são aqueles em que a mesma é exposta a organismos xilófagos em contato com o solo, em razão da variedade de microrganismos ali existentes (COLÍN-URIETA et al., 2019; PAES et al., 2009). No entanto, a performance da madeira nesses ambientes pode variar de acordo com as propriedades físico-químicas e biológicas do solo local (RIBERA; MICHEL; SCHWARZE, 2020; VAN DER WAL et al., 2007). Além disso, sabe-se que há certa variabilidade das propriedades da madeira, tanto de forma intraespecífica como interespecífica para as espécies florestais (CORDEIRO; CARDOSO NUNES et al., 2017).

A durabilidade natural da madeira, sob a ação de agentes biodeterioradores, pode variar em função dos testes realizados, tipos de organismos e condições do meio. A falta de informações sobre determinadas propriedades da madeira pode levar ao uso inadequado e conseqüentemente causar danos e prejuízos (CARVALHO et al., 2015). De acordo com Barillari (2002), os fungos xilófagos são os principais responsáveis pela degradação de produtos madeireiros, causando danos econômicos significativos.

Segundo Santini (1988), o conteúdo celular dos tecidos parenquimáticos de certas espécies, como amido, proteína e açúcar, é muito procurado por fungos e insetos como alimento, o que explica a grandeza e tendência desses insetos em agir em certas madeiras. Para Silveira (2018), os mecanismos enzimáticos de ataque dos agentes biológicos de deterioração promovem uma forte redução na resistência mecânica da madeira, antes mesmo de se perceber perda de massa considerável, o que leva a grandes perdas em produtos e subprodutos madeireiros.

Por outro lado, de acordo com Walker (2006), algumas das características associadas à madeira estão relacionadas com a sua elevada durabilidade como alta densidade e a presença de extrativos fenólicos (taninos, polifenóis, estilbenos), flavonóides e lignanas. De acordo com Paes (2002) algumas madeiras possuem em seu cerne substâncias tóxicas para os organismos xilófagos que elevam sua durabilidade natural, e conseqüentemente terão preferência em relação a espécies consideradas de baixa resistência natural.

O conhecimento da natureza da resistência natural da madeira é muito importante para a recomendação do seu uso mais eficiente, evitando custos desnecessários com a substituição de peças, reduzindo o impacto nas florestas remanescentes (PAES et al., 2004). Assim, é de fundamental importância que a resistência da madeira seja testada em condições de laboratório que forneçam dados mais realísticos, otimizando assim sua caracterização frente a diversas condições reais de uso.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a resistência natural de sete madeiras tropicais submetidas ao ensaio de apodrecimento acelerado em condições de laboratório.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar a caracterização anatômica macroscópica para confirmar a identificação das espécies utilizadas no estudo;
- Determinar a perda de massa das madeiras submetidas ao ataque de fungos de podridão parda e branca;
- Classificar a resistência natural da madeira de acordo com os parâmetros da American Wood Protection Association - *AWPA*.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 DURABILIDADE NATURAL DA MADEIRA

A madeira possui uma gama de utilização, tanto no meio urbano como rural. No entanto, em função de sua biodegradabilidade, a madeira está sujeita a deterioração por agentes bióticos e abióticos. Dentre os vários fatores que podem afetar sua resistência natural pode-se citar a variação de sua estrutura anatômica e composição química, bem como os fatores inerente ao ambiente e as condições de exposição do material (CLAUSEN, 2010; ZABEL; MORRELL, 2020).

Do ponto de vista natural, a biodeterioração da madeira por organismos biológicos é um processo vantajoso, pois seus componentes químicos são despolimerizados e retornam à natureza por um fluxo cíclico (ARANTES; MILAGRES, 2009). No entanto, sob certas condições específicas de umidade e oxigênio, a ação desses microrganismos torna-se completamente desfavorável, especialmente quando a madeira está em serviço.

Diferentes espécies de árvores produzem madeira quimicamente e estruturalmente diferente, mas todas são suscetíveis à biodegradação e ao crescimento de fungos, alterando os componentes da parede celular e suas propriedades de resistência (ENCINAS; MORA 2002). Além disso, segundo os autores citados, os fungos, ao entrarem na madeira, acabam desenvolvendo seus próprios mecanismos de degradação, que não dependem apenas da sua capacidade de degradação individual e do tipo de apodrecimento que este produz, mas também irão depender das características e composição anatômica da madeira.

A resistência natural da madeira é de grande importância para o seu uso eficaz, sendo que madeiras com alta resistência natural não requerem o uso de produtos químicos para manutenção, que muitas vezes podem ter impactos no meio ambiente (STALLBAUN et al., 2016).

Segundo Costa (2003), embora muitos autores tenham ressalvas quanto à previsão do desempenho de testes em laboratório, eles são os únicos disponíveis como fonte de informação objetiva. O autor destaca ainda que as culturas puras de basidiomicetos, além de resultados rápidos e reprodutíveis, simulam melhor as condições de campo durante o processo de apodrecimento rápido.

Em um contexto mais amplo, os fungos são a causa dos maiores danos às estruturas de madeira. Podem ser divididos em bolores, manchas e podridões, sendo esta última do tipo que visa destruir os componentes estruturais da parede celular por meio de um sistema enzimático (OLIVEIRA et al., 1986). De acordo com o autor citado anteriormente, os fungos da podridão são divididos em três categorias: fungos da podridão branca, que podem atacar a celulose, hemicelulose e lignina; fungos da podridão parda (fungos da podridão marrom), que são seletivos para celulose e hemicelulose da parede celular; e fungos da podridão mole, os quais são geralmente menos agressivos, atacam os três principais componentes da parede celular e causam danos à superfície da madeira.

3.2 FUNGOS XILÓFAGOS

Por causa da sua constituição química e estrutura anatômica, a madeira está sujeita a deterioração de vários organismos biodeterioradores, nesse contexto situam-se os fungos xilófagos que são os responsáveis pelos maiores danos causados à madeira (CAVALCANTE, 1982; HUNT; GARRATT, 1967; PAES, 2002).

Os fungos xilófagos são extremamente propensos a danos na madeira, pois ocorrem frequentemente neste tipo de material (MORESCHI, 2013). Instalado na classe dos Basidiomicetos, o fungo em decomposição funciona de acordo com características determinadas enzimas envolvidas na degradação de elementos sólidos da madeira, triturando polissacarídeos e lignina clara (podridão branca) ou polissacarídeos (podridão marrom) (OLIVEIRA et al., 2005; CLAUSEN, 2010).

Dependendo das preferências alimentares e do desenvolvimento de fungos, mudanças químicas, físicas e morfológicas serão incentivadas, variando em tamanho, resistência da madeira na ação desses organismos xilófagos. Nesse sentido, as novas tecnologias, aliada à durabilidade da madeira e de seus produtos, desenvolvida para auxiliar no conhecimento da resistência natural da madeira. A inspeção desta estrutura tradicionalmente é feita por meio de perda de massa decorrente do ataque dos fungos apodrecedores (DA SILVEIRA et al., 2018).

Do ponto de vista econômico, os xilófagos são os mais importantes, devendo, portanto, ser abordados de forma mais detalhada. Eles degradam a madeira, porque reconhecem nos polímeros naturais da parede celular uma fonte de nutrição, sendo

que alguns destes possuem sistemas enzimáticos específicos, capazes de metabolizá-los em unidades digeríveis (OLIVEIRA, 2005).

Para Oliveira et al. (2005) entre os fungos responsáveis pelo apodrecimento da madeira, destacam-se aqueles pertencentes à classe dos Basidiomicetos, na qual se encontram os fungos responsáveis pela podridão parda e podridão branca, que possuem características enzimáticas próprias, quanto à decomposição dos constituintes primários da madeira. Os primeiros decompõem os polissacarídeos da parede celular, e a madeira atacada exibe uma coloração residual pardacenta. Os últimos atacam, indistintamente, tanto os polissacarídeos quanto a lignina. Nesse caso, a madeira atacada adquire um aspecto mais claro.

A cor natural da madeira é outro fator que pode ser influenciado pelo ataque de fungos xilófagos na madeira. A alteração negativa da cor promovida por fungos xilófagos é indesejável e promove a desvalorização de produtos e subprodutos madeireiros. Além disso, a cor da madeira pode ser influenciada e alterada por diversos fatores, como composição química, anatomia, método de poda, local de amostragem da árvore, ambiente, altura, largura e idade da árvore, as características genéticas encontradas em cada indivíduo, tipos, umidade, temperatura ou reações fotoquímicas ou degeneração sobre o ataque de organismos xilófagos (GONÇALEZ, 1993; CAMARGOS; GONÇALEZ, 2001).

3.3 ENSAIO DE DURABILIDADE NATURAL DA MADEIRA

Existem diversos métodos que permitem estudar a durabilidade natural da madeira, no entanto, os testes mais realísticos e agressivos são aqueles em que a madeira é exposta aos organismos xilófagos em contato com o solo, em razão da variedade de microrganismos ali existentes (COLÍN-URIETA et al., 2019; PAES et al., 2009). Dentre os ensaios de durabilidade natural da madeira, aqueles mais citados na literatura nacional e internacional e que permitem o contato com o solo são os ensaios do tipo solo bloco, o ensaio simulador de campo e o ensaio de campo (COLÍN-URIETA et al., 2019; PAES et al., 2012).

O ensaio do tipo solo bloco é um ensaio de laboratório definido pelas normas da ASTM (D1413 e D2017), American Wood Protection Association – AWP A E10-16 e E30-16 (AWPA, 2016), onde a madeira é submetida à ação de fungos xilófagos em

condições controladas de inoculação em frascos de vidro com solo esterilizado, e temperatura e umidade relativa controladas.

Esse tipo de ensaio de laboratório permite definir claramente as situações de estudos e os organismos xilófagos a serem testados, além disso, permitem um alto nível de reprodutibilidade (BRISCHKE; MEYER; BORNEMANN, 2013). Apesar de tais vantagens, os métodos de laboratório possuem as desvantagens da impossibilidade de reproduzirem as condições reais de deterioração da madeira em campo, onde existem múltiplos fatores (bióticos e abióticos) atuando.

Fatores físicos e químicos do solo como textura, teor de umidade, capacidade de retenção de água, pH e nível de matéria orgânica por exemplo, podem afetar a estrutura, a distribuição de comunidades microbianas no solo e interferir diretamente no potencial de inóculo de fungos xilófagos (MARAIS et al., 2020; RIBERA; MICHEL; SCHWARZE, 2020).

Assim, é de fundamental importância que a resistência da madeira seja testada em condições mais realísticas em contato com solos, otimizando assim sua caracterização frente a condições reais de uso para o emprego adequado da madeira, de modo a evitar gastos desnecessários com a reposição de peças e até mesmo a subutilização de espécies com potencial de uso (MEDEIROS NETO et al., 2020; PAES et al., 2009).

Como exposto acima, um dos fatores que influenciam na capacidade de deterioração da madeira nas condições mais realísticas são os fatores edafoclimáticos. Dentre esses fatores, o tipo de solo, teor de umidade e propriedades químicas do solo podem influenciar de forma direta na capacidade de deterioração de diferentes madeiras (COLÍN-URIETA et al., 2019).

Assim, de acordo com a AWPA E10-16 (AWPA, 2016), o solo a ser utilizado no ensaio de apodrecimento acelerado para madeira deve ter características padronizadas para o crescimento adequado das culturas fúngicas. Dentre as características citadas pela norma, o pH dos solos deve estar entre 5 e 8 e a capacidade de retenção de água entre 20 e 40%.

Os solos amazônicos em sua grande maioria, classificados como Latossolos e Argissolos, são conhecidos por serem altamente intemperizados e caracterizados por elevada acidez, com pH variando de 4,5 a 5,5, além de possuírem alta saturação por alumínio, baixa capacidade de troca catiônica e baixa concentração de nutrientes, em função das elevadas taxas de precipitação que contribui para uma maior lixiviação das

bases trocáveis do solo (OSAKADA, 2009; SCHAEFER et al., 2017; TEIXEIRA et al., 2017). Apresentando ainda, níveis baixos e intermediários de matéria orgânica do solo (DOS ANJOS et al., 2013; LUIZÃO et al., 2009; VALE JÚNIOR, 2011).

Desta forma, afirma-se que os mecanismos de ação dos fungos xilófagos são expressos de forma mais realística quando a madeira é submetida ao contato com o solo portanto, a durabilidade natural da madeira está diretamente ligada aos atributos edafoclimáticos.

Assim, faz-se necessário testar os principais agentes deterioradores da madeira em ensaios de laboratório e campo em condições que simulem ao máximo as situações mais realísticas de uso e determinar quais são os principais danos causados na madeira, para que seja possível obter indicações quanto a melhor utilização da madeira de acordo com suas propriedades (RIBEIRO et al. 2014; GONZÁLEZ-LAREDO et al., 2015).

4 METODOLOGIA

4.1 COLETA E PREPARO DO MATERIAL

Na pesquisa foram empregadas sete espécies madeireiras, de ocorrência natural da Região Amazônica, fornecidas pela empresa Mil Madeira Preciosas LTDA, forneceram amostras representativa de um lote comercial, proveniente de áreas de manejo da serraria local, localizadas às margens da Rodovia AM-363, aproximadamente 43,5 km distante da área urbana de Itacoatiara, à 250 km a leste de Manaus, Brasil (Figura 1), com exceção do marupá, o qual foi adquirido em serraria local do município de Itacoatiara. Foram utilizadas 10 peças com dimensões de 5 x 21 x 100 cm (espessura, largura e comprimento) para cada espécie. Os nomes vulgares e científicos fornecidos pela empresa para as espécies utilizadas estão contidos na Tabela 1.

Tabela 1- Relação das espécies estudadas e nomes fornecidos pela empresa.

Nome comum	Nome científico
Arurá vermelho	<i>Iryanthera paraensis</i> Huber
Louro gamela	<i>Sextonia rubra</i> (Mez) van der Werff
Louro preto	<i>Ocotea neesiana</i> (Miq.) Kosterm.
Marupá	<i>Simarouba amara</i> Aubl.
Sucupira preta	<i>Diploptropis racemosa</i> (Hoehne) Amshoff
Sucupira vermelha	<i>Andira parviflora</i> Ducke
Tanimbuca	<i>Buchenavia viridiflora</i> Ducke

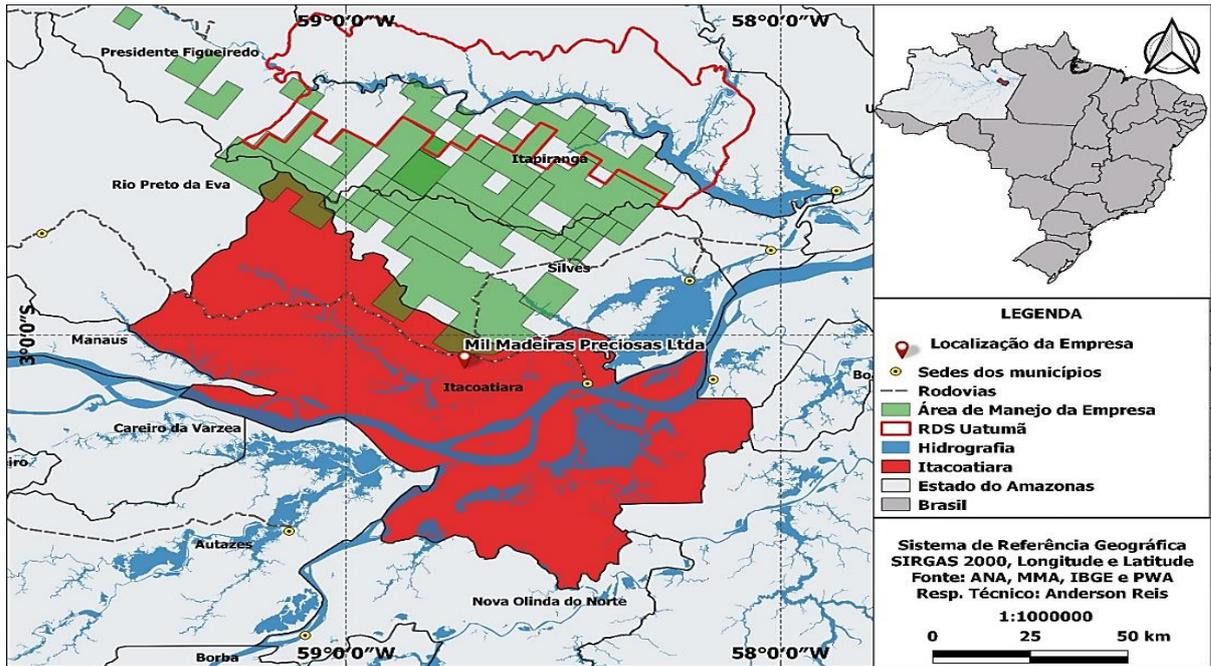


Figura 1 - localização da empresa Mil Madeiras Preciosas com suas áreas manejadas e não manejadas.

Para cada espécie estudada foram confeccionados corpos de prova com dimensões de 2,0 x 3,0 x 3,0 cm (largura, espessura e comprimento), para o estudo anatômico macroscópico e de 2,5 x 2,5 x 0,9 cm (largura, espessura e comprimento), para o ensaio de apodrecimento acelerado em laboratório. Para a confecção dos corpos de prova, utilizou-se uma serra circular de bancada de uma oficina de marcenaria, localizada no município de Itacoatiara. Das peças foram confeccionados 140 corpos de provas, totalizando 20 amostras por espécie. Em seguida, as amostras foram preparadas e secas em estufa para os respectivos ensaios realizados no Laboratório de Tecnologia da Madeira do Centro de Estudos Superiores de Itacoatiara (CESIT), da Universidade do Estado do Amazonas (UEA), como ilustra a Figura 2.

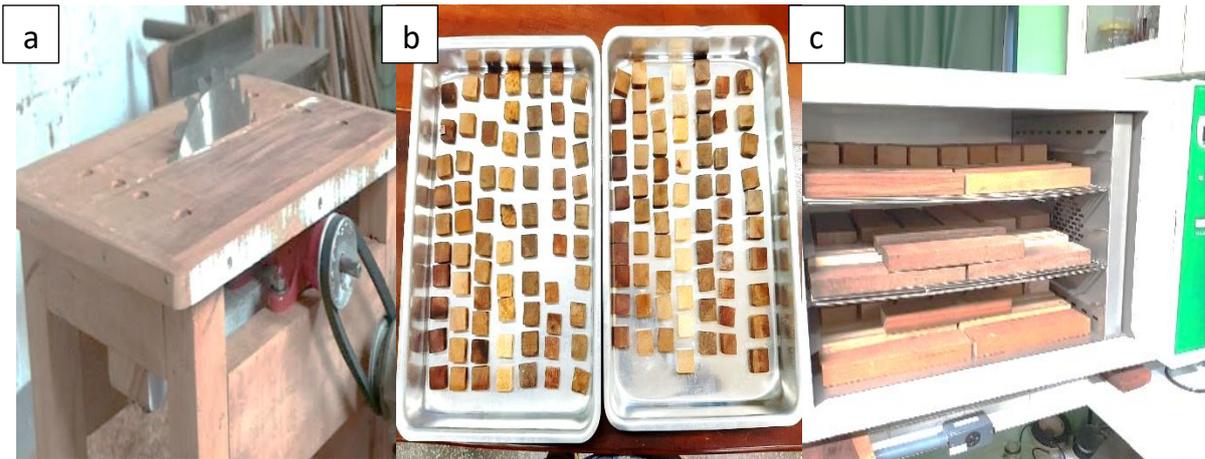


Figura 2 – Serra circular de bancada (a), corpos de prova (b) e estufa de secagem utilizada (c).

4.2 IDENTIFICAÇÃO ANATÔMICA MACROSCÓPIA

A identificação das espécies foi realizada com base nas características anatômicas macroscópicas. Utilizou-se corpos de prova de dimensões 2,0 cm x 3,0 cm x 3,0 cm polidos com sequência de lixas de grão 60, 80, 100, 150, 220, 310, 400, 500, 600, 800 e 1200 retirando toda aspereza, para visualização de seus caracteres a olho nu e com auxílio de lente. As macrofotografias foram tomadas com auxílio de lente macroscópica com aumento de 24x, conectada a um aparelho celular com câmera traseira de 12 megapixels e abertura de f/1:8. As imagens foram obtidas nas faces radial, tangencial e transversal, e em seguida realizaram-se as observações das características anatômicas conforme Freitas e Vasconcellos (2010).

Buscou-se observar as características macroscópicas: parênquima axial (vasos/poros), visibilidade, tipos, disposição dos vasos, obstrução dos vasos. Além do parênquima radial (raios) visibilidade, contraste para ilustrar as diferenças entre as espécies. As amostras foram comparadas com o acervo madeireiro registrado na Xiloteca do Laboratório de Anatomia da Madeira, do CESIT, além disso, dados da literatura específica foram usados como base de comparação.

4.3 RESISTÊNCIA DA MADEIRA A FUNGOS XILÓFAGOS EM CONDIÇÕES DE LABORATÓRIO

Para o ensaio, as amostras de madeira com dimensões de 2,5 x 2,5 x 0,9 cm (comprimento, largura e espessura), foram secas em estufa com circulação de ar a $103 \pm 2^\circ\text{C}$ até atingirem massa constante e para pesagem utilizou-se balança analítica com 0,0001g de precisão. Antes da exposição aos fungos as amostras foram esterilizadas em autoclave a 127°C por 20 minutos, como ilustra a Figura 3. Em seguida, frascos de vidro com capacidade de 600 ml foram preenchidos com solo para a montagem do experimento.

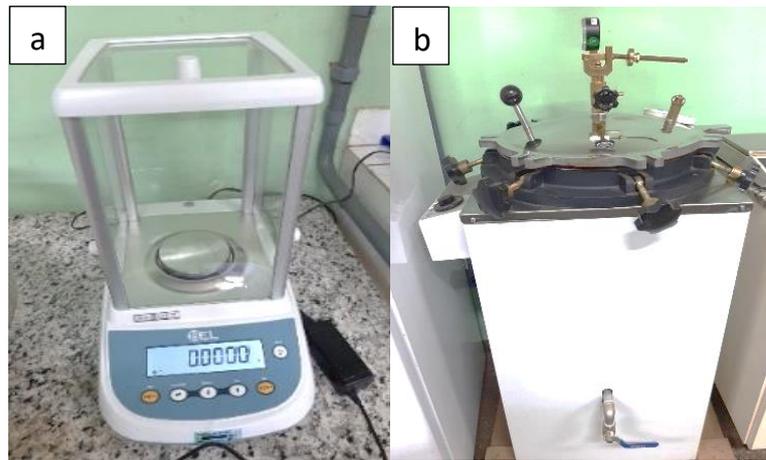


Figura 3 – Balança analítica (a) e autoclave utilizada no processo.

O solo escolhido para o presente estudo foi o latossolo-amarelo ou de “terra-firme” como é conhecido, escolhido por ser o de maior ocorrência na nossa região, coletado na margem direita da rodovia AM-010 ($2^\circ54'56,6''\text{S}$; $58^\circ58'20,3''\text{O}$), nos horizontes A e B (camada superficial e subsuperficial do solo). Foram coletados aleatoriamente aproximadamente 80 kg de solo, que em seguida foi seco a sombra, homogeneizado e classificados em peneiras com malha 2,5 mm. Na montagem do ensaio, cada frasco de 600 ml foi preenchido com 250 g de solo (Figura 4). O solo coletado foi analisado quanto à sua capacidade de retenção de água e pH, sua umidade foi ajustada para 130% da capacidade de retenção de água, pela adição de água destilada.

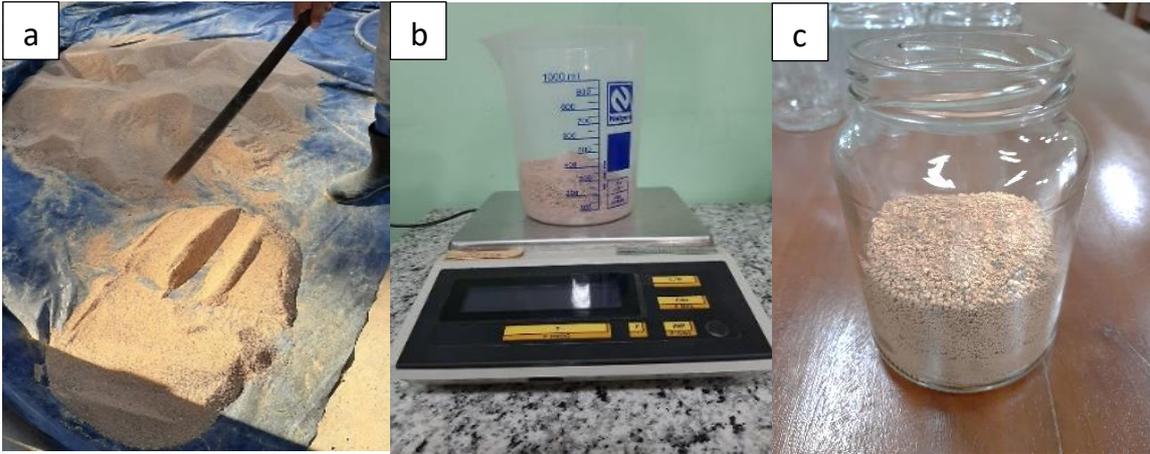


Figura 4 – Solo seco em sombra (a), pesagem do solo (b), frasco de vidro com 250g de solo (c).

Foram adicionadas duas placas alimentadoras por frasco, confeccionadas com a madeira de marupá nas seguintes dimensões 0,3 x 2,8 x 3,4 mm (espessura x largura e comprimento), essas placas alimentadoras ajudam na proliferação dos fungos antes dos corpos de provas serem submetidos na ação dos mesmos. Em seguida, os frascos foram esterilizados em autoclave a 120 °C por 30 minutos. Depois do resfriamento dos frascos, fragmentos obtidos de culturas puras dos fungos *Gloeophyllum trabeum* (podridão parda) e *Pyconoporus sanguineus* (podridão branca) foram adicionados aos frascos, em câmara de fluxo laminar.

Após cerca de 20 dias de inoculação dos fungos, as amostras de madeira das sete espécies foram adicionadas aos frascos na razão de duas amostras por frasco (Figura 5). O ensaio foi mantido em sala climatizada (25 ± 2 °C e 65 ± 5 % de umidade relativa) por 12 semanas, segundo a norma da AWPA.



Figura 5 – Frascos contendo as amostras de madeira e fungo inoculado.

Decorrido o período de 12 semanas, o ensaio foi desativado, as amostras foram retiradas dos frascos e o micélio fúngico (Figura 6) removido com o auxílio de uma escova de cerdas macias. Em seguida as amostras foram secas em estufa ($103 \pm 2^\circ\text{C}$) até atingirem massa constante e foi calculada a perda de massa das amostras em função da equação 1. Ao final, a resistência das madeiras testadas foi avaliada conforme a classificação AWPA E30-16 (2016), (Tabela 2).

Tabela 2- Classificação da perda de massa em ensaio de resistência a fungos xilófagos.

Perda de massa (%)	Massa residual (%)	Classe de resistência
0 – 10	90 – 100	Altamente resistente
11 – 24	76 – 89	Resistente
25 – 44	56 – 75	Moderadamente resistente
≥ 45	≤ 55	Não resistente

Fonte: ASTM D – 2017 (2005).

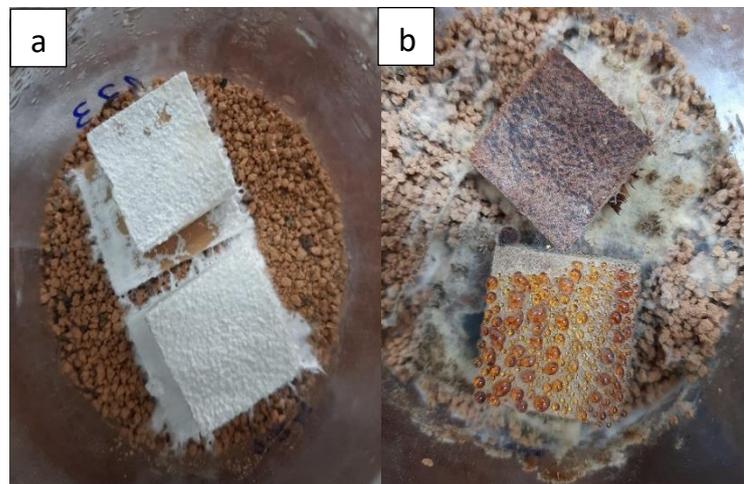


Figura 6 – Resultado da ação dos fungos de podridão branca (a) e podridão parda (b) nas amostras submetidas ao ensaio.

$$PM = \frac{(M_i - M_f)}{M_i} \times 100 \quad (1)$$

Em que:

PM = Perda de massa do corpo de prova, (%); M_i = Massa inicial (g); M_f = Massa final (g).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 IDENTIFICAÇÃO MACROSCÓPICA DA MADEIRA

5.1.1 *Iryanthera* sp.

A espécie arurá vermelho (*Iryanthera* sp.) apresentou cerne de cor castanho avermelhado e brilho nas superfícies longitudinais. Os vasos foram classificados como visíveis a olho nu, e sob lente pôde ser caracterizado como de porosidade difusa (Figura 7), com proporções semelhantes de vasos solitários e múltiplos. O Parênquima axial pôde ser observado a olho nu e classificado como do tipo em linhas finas ou faixas. Os raios foram classificados como visíveis a olho nu na superfície transversal ou invisíveis mesmo sob lente de 10x na superfície tangencial. Contrastados na superfície radial. Estruturas estratificadas ausentes. A descrição está de acordo com a identificação da espécie enviada, com dados da literatura (CORADIN et al., 2010) e com as amostras da Xiloteca CESIT/UEA (X-120; X-251).

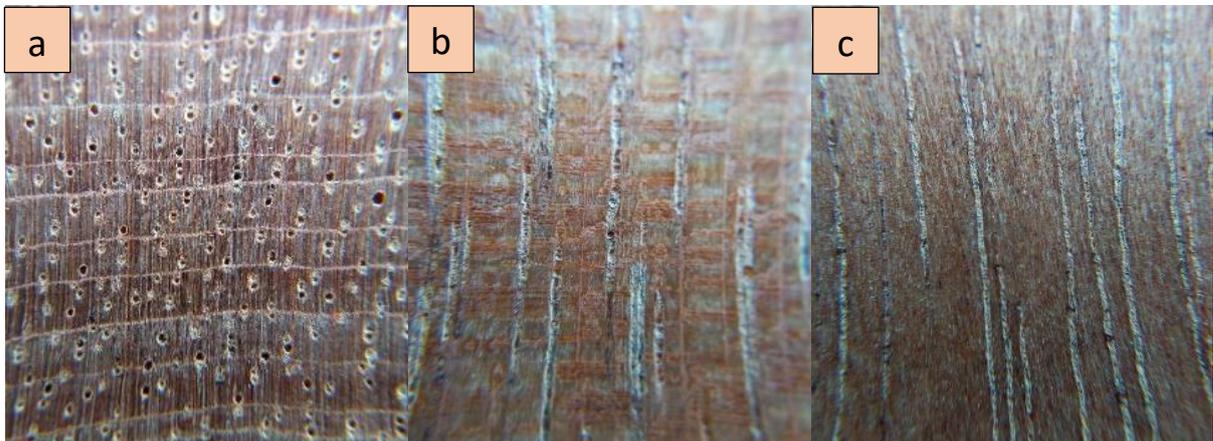


Figura 7 - Macrofotografia da espécie *Iryanthera* sp. nos planos transversal (a), radial (b) e tangencial (c).

5.1.2 *Sextonia rubra*

A espécie louro gamela apresentou cerne variando de cor marrom a vermelho, sem brilho nas superfícies longitudinais. Na Figura 8 é possível observar no plano transversal vasos visíveis a olho nu e com auxílio de lupa, caracterizado como de porosidade difusa, vasos predominantemente solitários, de formato circular a oval e a maioria dos vasos obstruídos. O parênquima axial foi classificado como indistinto ao

ser observado com a lente de 10x de aumento, no entanto, com o auxílio da lente de 24x, pôde-se observar a presença do parênquima paratraqueal escasso e apotraqueal difuso (Figura 9). Os raios podem ser observados apenas sob lente na superfície transversal. Na superfície radial e tangencial se mostram pouco contrastados e de difícil observação. As características observadas estão de acordo com o descrito por Coradin et al. (2010).

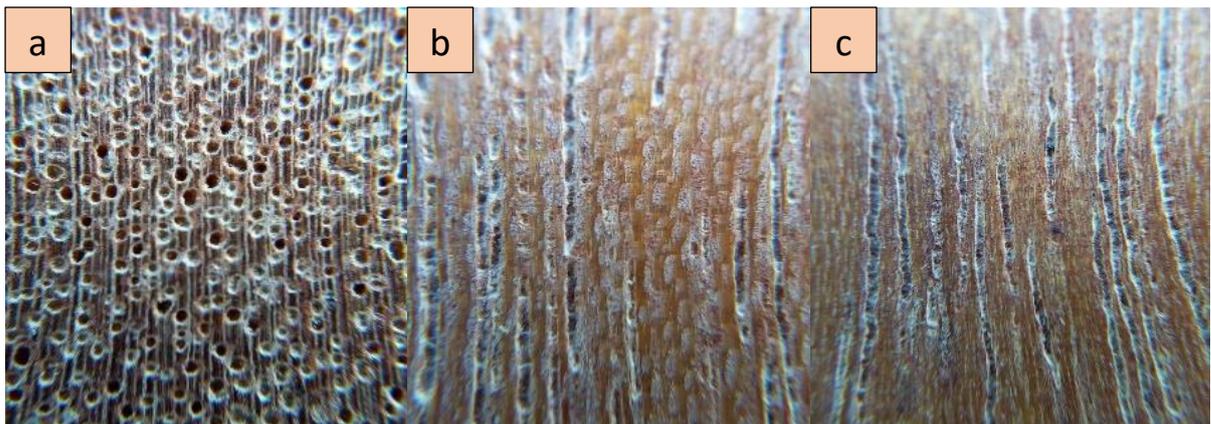


Figura 8 - Macrofotografia da espécie *Sextonia rubra* nos planos transversal (a), radial (b) e tangencial (c).



Figura 9 - Macrofotografia da espécie *Sextonia rubra* no plano transversal destacando a distinção do parênquima axial

5.1.3 *Ocotea* sp.

Na Figura 10 a espécie louro preto (*Ocotea* sp.) apresentou vasos visíveis a olho nu podendo ser caracterizado como de distribuição difusa, predominantemente solitários, com parte dos vasos obstruídos. O parênquima axial não é observado. Os raios foram observados apenas com lente de 24x nas duas superfícies. Contrastados na superfície radial com estruturas estratificadas ausentes. De acordo com Coradin et al., (2010), outras espécies da família Lauraceae, como *O. rubra* e *O. porosa*, também apresentam essas condições de parênquimas indistintos ou escassos, com porosidade difusa e raios não estratificados, confirmando as características para este gênero *Ocotea*.

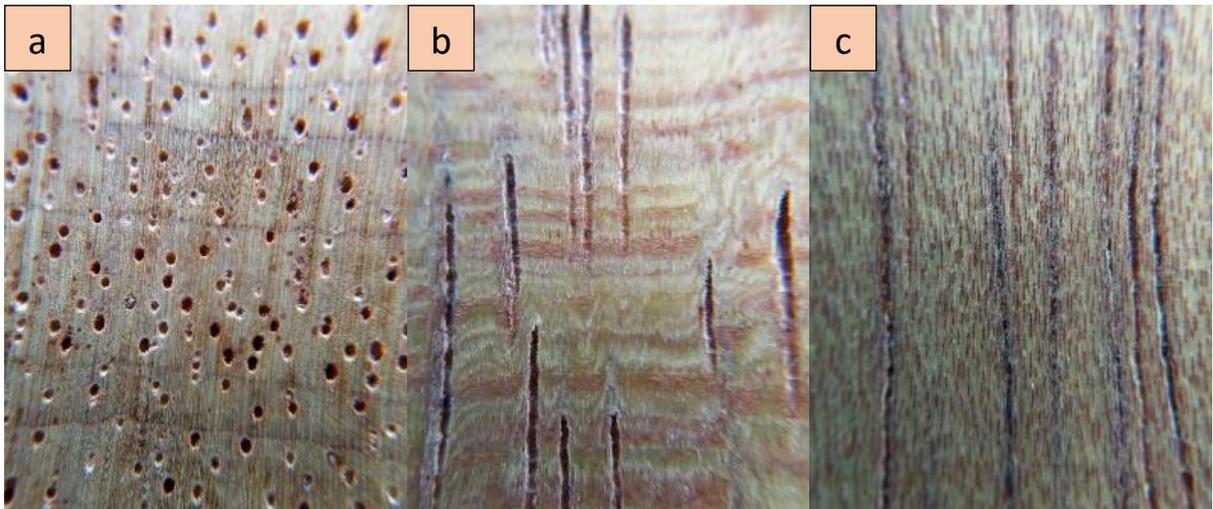


Figura 10 - Macrofotografia da espécie *Ocotea* sp. nos planos transversal (a), radial (b) e tangencial (c).

5.1.4 *Simarouba amara* Aubl.

Na Figura 11 a espécie marupá (*Simarouba amara* Aubl.) apresentou no plano transversal poros visíveis a olho nu, com distribuição difusa, predominantemente solitários, dispostos em padrão não definido. O parênquima axial observado com o auxílio de lente de 24x de aumento pôde ser caracterizado como do tipo paratraqueal aliforme linear de extensão longa ou confluyente em trechos longos tendendo a formar faixas. Raios visíveis a olho nu, na superfície tangencial observados apenas com auxílio de lente e pouco contrastados na superfície radial. Estrutura estratificada presente. As características anatômicas da madeira de marupá descritas nesta

pesquisa estão de acordo com os encontrados na literatura como Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT, 1986) e Coradin et al. (2010).

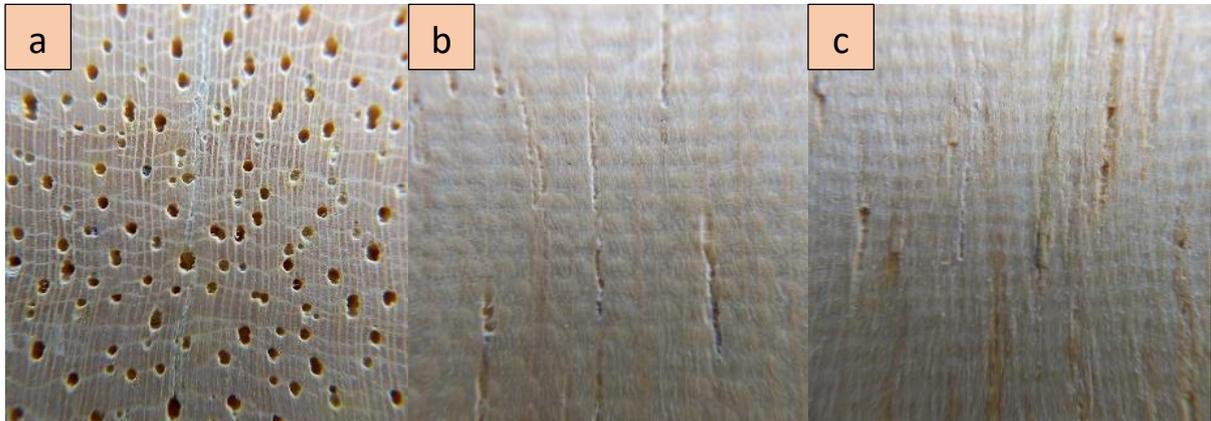


Figura 11 - Macrofotografia da espécie *Simarouba amara* Aubl. nos planos transversal (a), radial (b) e tangencial (c).

5.1.5 *Diploporia racemosa* (Hoehne) Amshoff

Na figura 12 a espécie *Diploporia racemosa* (Hoehne) Amshoff (sucupira preta) apresentou vasos visíveis a olho nu com porosidade difusa, predominantemente em múltiplos radiais (mais que 2/3). Parte dos vasos obstruídos. O parênquima axial observado a olho nu pôde ser caracterizado como do tipo vasicêntrico ou confluyente em trechos curtos oblíquos. Os raios foram observados apenas com o auxílio de lente de 24x de aumento nas duas superfícies. As observações aqui encontradas vão de encontro com a literatura (IPT, 1986; Coradin et al., 2010; Soares et al., 1982).

Segundo Mainieri & Chimelo (1989), as espécies pertencentes ao gênero *Diploporia* e *Bowdichia*, apresentam em suas estruturas anatômicas poucas diferenças perceptíveis, sendo assim muito comercializadas de modo equivocadas.

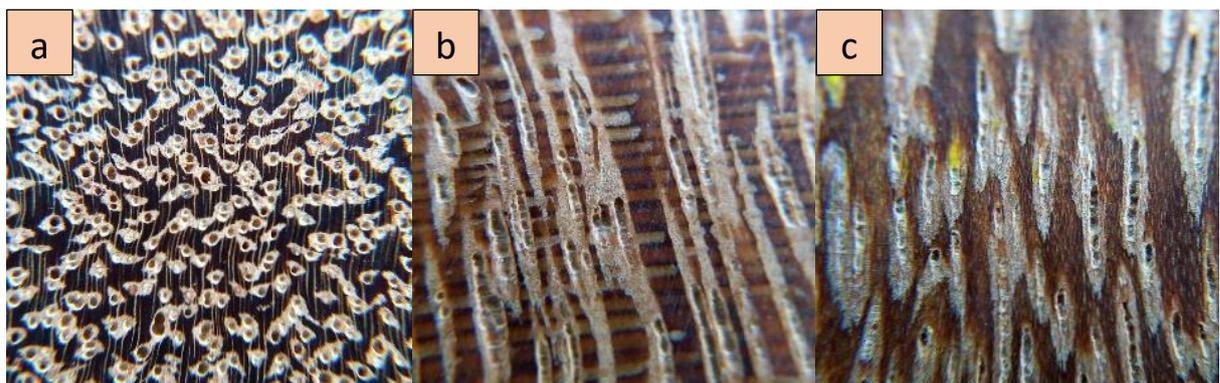


Figura 12 - Macrofotografia da espécie *D. racemosa* nos planos transversal (a), radial (b) e tangencial (c).

5.1.6 *Andira parviflora*

A sucupira vermelha apresentou, no plano transversal, poros e raios visíveis a olho nu e na Figura 13 é possível caracterizá-la como de porosidade difusa, agrupamento dos vasos predominantemente solitários. O parênquima axial é visível a olho nu, e sob lente pôde ser caracterizado como do tipo paratraqueal, em faixas contínuas e também do tipo aliforme losangular e confluyente. O parênquima radial no plano tangencial (Figura 13c) apresentou estrutura parcialmente estratificada. Na literatura, poucas são as informações acerca das suas estruturas anatômicas.

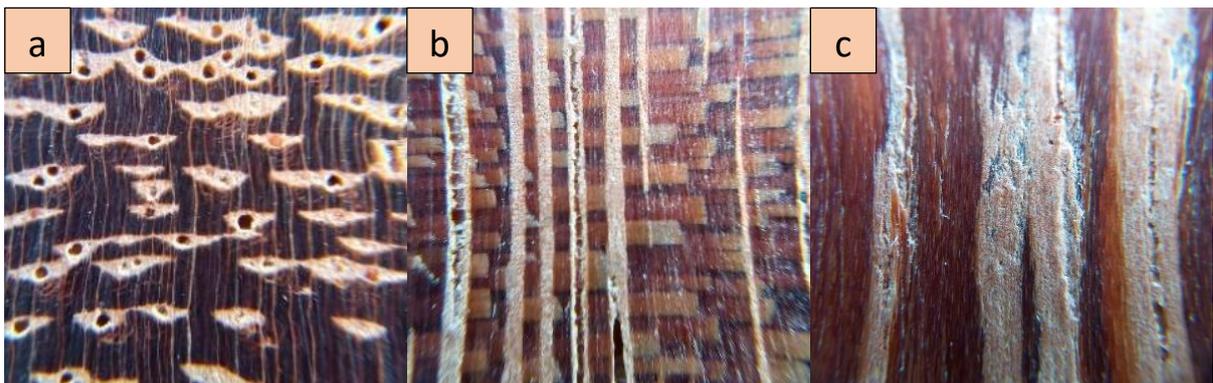


Figura 13 - Macrofotografia da espécie *A. parviflora* nos planos transversal (a), radial (b) e tangencial (c)

5.1.7 *Buchenavia* sp.

A tanimbuca (*Buchenavia* sp.) apresentou no plano transversal poros visíveis a olho nu Figura 14, com porosidade difusa, predominantemente solitários, dispostos em padrão não definido. Parte dos vasos obstruídos. O Parênquima axial é visível a olho nu e pôde ser caracterizado como do tipo paratraqueal aliforme losangular confluyente, com tendência a formar linhas. Os raios foram observados apenas com lente de 24x nas duas superfícies, sendo não observados na superfície tangencial e

pouco contrastados na superfície radial. As observações aqui encontradas para esta madeira vão de encontro com as observadas em IPT (1986).

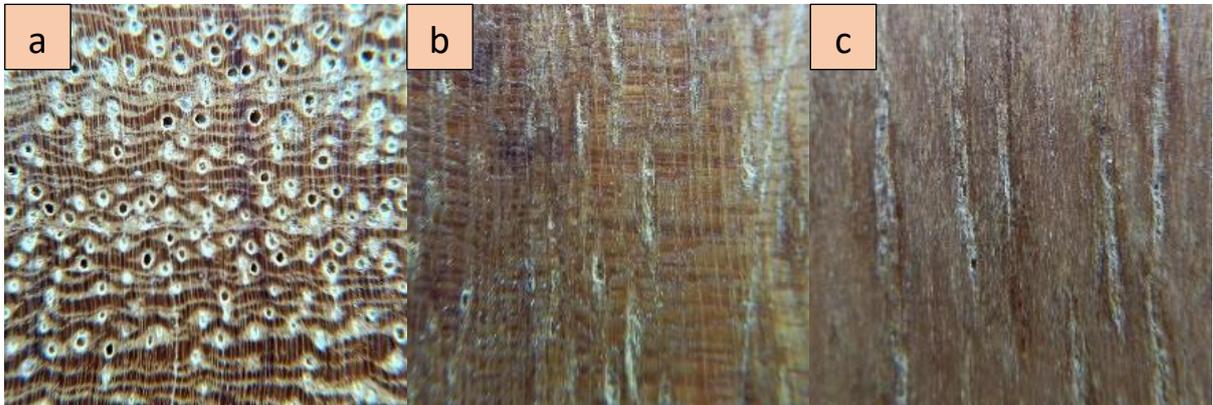
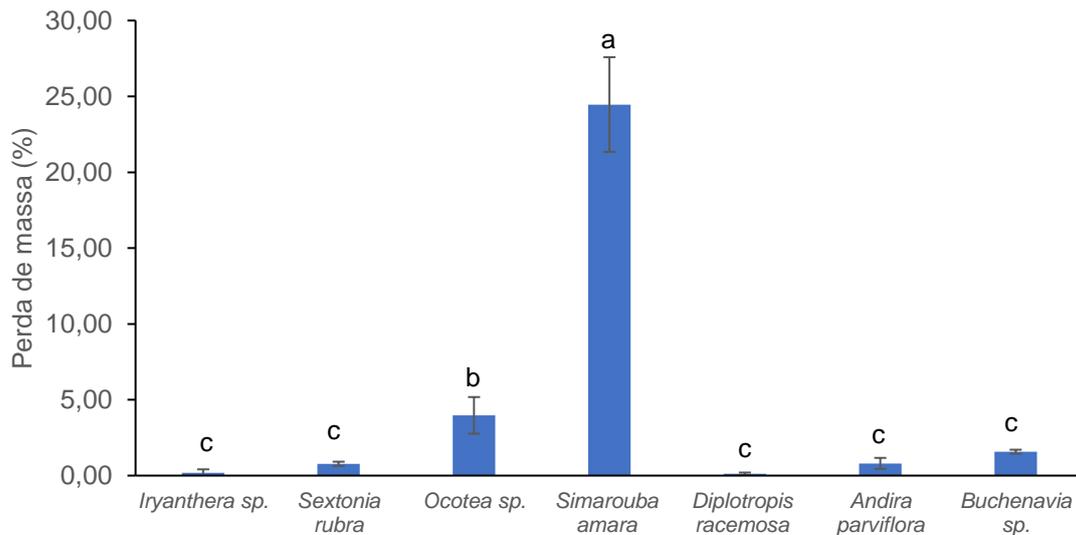


Figura 14 - Macrofotografia da espécie *Buchenavia* sp. nos planos transversal (a), radial (b) e tangencial (c)

5.2 RESISTÊNCIA DA MADEIRA A FUNGOS XILÓFAGOS EM CONDIÇÕES DE LABORATÓRIO

O solo utilizado no presente ensaio apresentou capacidade de retenção de 31% e pH de 4,8, sendo adequado para a montagem do experimento. A análise de variância indicou diferença significativa apenas para as espécies submetidas ao fungo *G. trabeum*. Os dados de perda de massa após 12 semanas de exposição aos fungos, bem como a comparação entre as médias, estão contidos nas Figuras 15 e 16.

Observa-se que as sete espécies estudadas da região amazônica, tenderam a pouca perda de massa ao longo do período analisado, no qual a espécie *Simarouba amara* Aubl obteve uma grade elevação na perda de massa comparado com as demais espécies analisadas (Figura 15).



Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si (Tukey, $p > 0,05$).

Figura 15 – Perda de massa das madeiras testadas em ensaio de apodrecimento contra o fungo *G. trabeum*.

No presente estudo, a madeira de marupá obteve perda de massa de ~25%, para o fungo *G. trabeum*, sendo considerada de moderada resistência de acordo com a classificação fornecido pela AWPA E30-16 (Tabela 2). Em seguida, a madeira de louro preto obteve a segunda maior perda de massa (4%), seguida das demais espécies, onde não foi observada diferença significativa.

De acordo com Stangerlin et al. (2013), a madeira de marupá submetida ao ataque dos fungos *G. trabeum* e *Trametes versicolor* durante o período de 12 semanas alcançou perda de massa de 51 e 54%, respectivamente. No estudo de Oliveira e Costa (2018), a madeira de marupá perdeu 45% e 43% para os fungos de podridão parda e branca, respectivamente (*G. trabeum* e *T. versicolor*). Costa et al. (2018) encontraram perda de massa de aproximadamente 53% na madeira de marupá submetida ao ataque do fungo *G. trabeum*. Para todos os estudos citados, a madeira de marupá foi classificada como não resistente ao ataque dos fungos citados. A única exceção encontrada na literatura foi o trabalho de Jesus e Abreu (2002), que classificou a madeira de marupá como moderadamente resistente a fungos de podridão branca (*Polyporus fumosus* - 31% e *Pycnoporus sanguineus* - 34%).

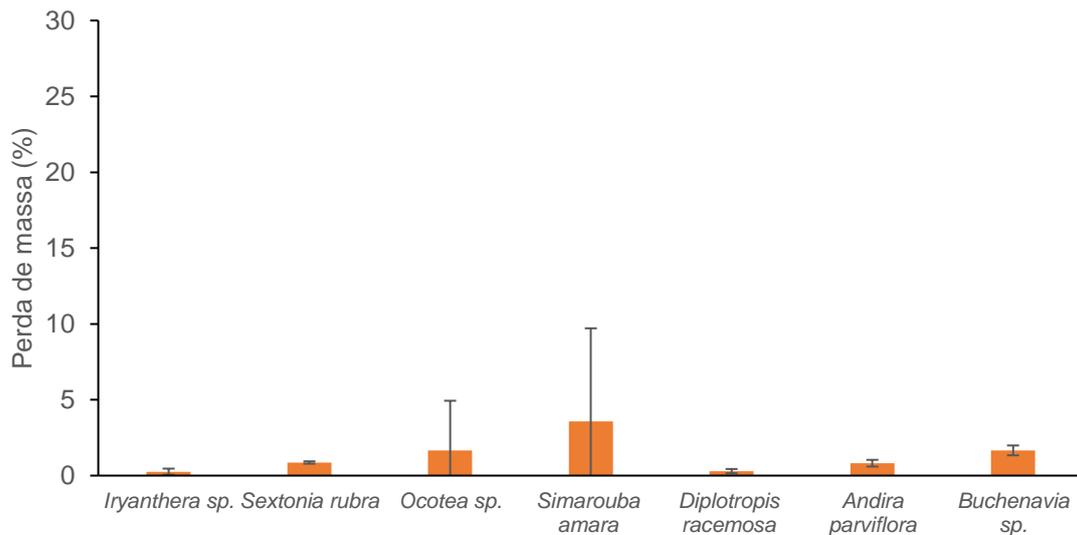


Figura 16 – Perda de massa das madeiras testadas em ensaio de apodrecimento contra o fungo *P. sanguineus*.

No presente estudo observou-se que a perda de massa obtidas foram pouco expressivas quando comparadas aos estudos citados anteriormente. Na Figura 17, a perda de massa da madeira de marupá submetida ao fungo *P. sanguineus* foi próxima de 4%, classificando a madeira como de alta resistência ao respectivo fungo (Tabela 2). No entanto, os dados obtidos diferem do encontrado pela literatura, sendo o marupá comumente classificado como de moderada a baixa resistência natural.

As perdas de massa pouco expressivas encontradas no presente estudo foram significativamente menores que os valor de referência encontrados para o marupá, o que pode indicar perda de capacidade de deterioração das culturas utilizadas (AWPA, 2016). Além disso, houve dificuldade na manutenção da temperatura e umidade relativa da sala climatizada onde os ensaios foram mantidos, em função de falhas constantes no fornecimento de energia elétrica. Os dados encontrados na literatura para a durabilidade natural das demais espécies são contrastantes. De acordo com IPT (1981), as madeiras de tanimbuca e louro gamela são consideradas moderadamente resistentes ao ataque de organismos xilófagos e em ensaio de campo o louro gamela foi considerada não durável.

Já para Jesus et al. (2002), a madeira de louro gamela foi considerada como altamente durável em ensaio de campo, juntamente com as espécies de arurá vermelho, tanimbuca e sucupira vermelha. A madeira de sucupira preta foi classificada como resistente ao ataque de organismos xilófagos em ensaio de laboratório (IPT, 1986) e foi classificada como de moderada resistência (*D. pupurea*) no trabalho de Jesus et al. (2002).

6. CONCLUSÕES

A caracterização anatômica macroscópica das espécies do presente estudo permitiu confirmar a identificação ao nível de gênero para a maioria das espécies, indicando que a identificação estava adequada ao material fornecido. Além disso, foi possível observar os detalhes e peculiaridades de cada espécie, com destaque para a distinção de parênquima apresentada no louro gamela.

Com relação a durabilidade natural das madeiras Amazônicas testadas, os resultados foram inexpressivos, nos quais a espécie marupá (*Simarouba amara*) foi a mais susceptível a deterioração durante as 12 semanas de ensaio. Recomenda-se estudos futuros com outros isolados das culturas fúngicas utilizadas e outros fungos de podridão para a obtenção de dados mais expressivos.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D-2017**: Standard method of accelerated laboratory test of natural decay resistance of woods. Annual Book of ASTM Standard, Philadelphia, 2005, 5p.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D-1413**: Standard test method for wood preservatives by laboratory soil-block cultures. Annual Book of ASTM Standard, Philadelphia, 2005, 7p.

ARANTES, V., MILAGRES, A.M.F. (2009) Relevância de compostos de baixa massa molar produzidos por fungos e envolvidos na biodegradação da madeira. **Química Nova**, v.32, n.6, p.1586-1595, 2009.

BRISCHKE; MEYER; BORNEMANN, Thomas. O potencial das medições do teor de umidade para testar a durabilidade dos produtos de madeira. **Ciência e tecnologia da madeira** , v. 47, n. 4, pág. 869-886, 2013.

BARILLARI, Cristiane Tabarelli. **Durabilidade da madeira do gênero Pinus tratada com preservantes: avaliação em campo de apodrecimento**. 2002. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

BAHIA, Marina Santos. **Biodeterioração e a durabilidade da madeira: estudo de aspectos construtivos em Campo Mourão-PR**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

CAMARGOS, J.A.A; GONÇALEZ, J.C. A colorimetria aplicada como instrumento na elaboração de uma tabela de cores de madeira. **Brasil Florestal**, n. 71, p. 30-41, set. 2001.

CAVALCANTE, Messias Soares. **Deterioração biológica e preservação de madeiras**. São Paulo: IPT, 1982.

CARVALHO, Douglas Edson et al. Resistência natural de quatro espécies florestais submetidas a ensaio com fungos apodrecedores. **Floresta e Ambiente**, v. 22, p. 271-276, 2015.

CLAUSEN, C. A. Biodeterioration of wood. Wood handbook: Wood as an engineering material. **General Technical Report FPL, GTR-190**. Madison, Wisconsin: **US Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory**, p. 1-16, 2010.

COLÍN-URIETA, Serafín et al. Avaliação da durabilidade natural de diferentes madeiras tropicais em testes de solo-leito. **Maderas. Ciencia y tecnología** , v. 21, n. 2, pág. 231-238, 2019.

CORADIN, V. T. R.; CAMARGOS, J. A. A.; PASTORE, T. C. M.; CHRISTO, A. G. **Madeiras comerciais do Brasil: chave interativa de identificação baseada em caracteres gerais e macroscópicos.** Serviço Florestal Brasileiro, Laboratório de Produtos Florestais: Brasília, 2010. CD-ROM.

CORDEIRO; CARDOSO NUNES. **Variação intraespecífica de características funcionais de espécies arbóreas ao longo de um gradiente de degradação florestal no leste da Amazônia.** 2017. 59 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Museu Paraense Emílio Goeldi, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Belém, 2017.

COSTA AF. **Processos práticos de tratamento de madeiras para o meio rural.** Brasília: Editora Universidade de Brasília; 2003.

CALIL JÚNIOR, Carlito; DIAS, Antonio Alves. Utilização da madeira em construções rurais. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, v. 1, n. 1, p. 71-77, 1997.

DO VALE JÚNIOR, José Frutuoso et al. Solos da Amazônia: etnopedologia e desenvolvimento sustentável. **Revista Agro@ mbiente On-line**, v. 5, n. 2, p. 158-165, 2011.

DOS ANJOS, Lúcia Helena Cunha et al. Guia de campo da IX Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos. **Embrapa Acre-Livro técnico (INFOTECA-E)**, 2013.

DA SILVEIRA, M. F., GOUVEIA, F. N., MOREIRA, A. C. O., OLIVEIRA, J. R. V., SILVA, A. S. V. S., ALMEIDA, G. F., COSTA, A. F. Natural resistance of eight Brazilian wood species from the region Caatinga determined by an accelerated laboratory decay test against four fungi. **Holzforschung**. v.73, p.151-154, 2018.

ENCINAS, O; MORA. N. **Grupo de Investigación en Conservación de Maderas**, Venezuela: [s. n]. 2002.

SILVA, Ademir CASTRO; AGUIAR, Izonete de Jesus Araujo. Micromorfologia da degradação de madeira da espécie amazônica *Hura crepitans* L. por fungos lignolíticos pertencentes a classe Hymenomycetes. **Acta Amazonica**, v. 31, n. 3, p. 397-397, 2001.

GONZÁLEZ-LAREDO, Rubén Francisco et al. Preservação da madeira com produtos naturais. **Madera y bosques** , v. 21, n. SPE, pág. 63-76, 2015.

GONÇALEZ, J. C. Caracterisation technologique de quatre espèces peu connues da la forêt Amazonienne: anatomie, chimie, couleur, propriétés physiques et mécaniques. **Nancy, France: Ecole Nationale dun Génie Rural, des Eaux et des Forêts**, 1993.

HUNT, George M. et al. Preservação da madeira. **Preservação da madeira.**, n. 3ª edição, 1967.

JESUS, Maria Aparecida de; ABREU, Raimunda Liége Souza de. Durabilidade natural da madeira de pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth). I. fungos. **Acta Amazonica**, v. 32, p. 663-663, 2002.

LUIZÃO, Flávio J. et al. A Manutenção da Fertilidade do Solo em Sistemas Manejados na Amazônia. **Amazonia and Global Change. Geophysical Monograph Series**, v. 186, p. 311-336, 2009.

MARAIS, Brendan Nicholas et al. Estudos sobre a decomposição de fungos da madeira em contato com o solo - Parte 1: A influência da capacidade de retenção de água, conteúdo de umidade e temperatura dos substratos do solo na decomposição de fungos de madeiras selecionadas. **Florestas**, v. 11, n. 12, pág. 1284, 2020.

MEDEIROS NETO, Pedro Nicó de; OLIVEIRA, Elisabeth de; PAES, Juarez Benigno. Relações entre as características da madeira e do carvão vegetal de duas espécies da caatinga. **Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 4, pág. 484-493, 2014.

MAINIERI C, CHIMELO JP. **Índice de características das madeiras brasileiras**. IPT, São Paulo, p 420.1989.

MORESCHI, João Carlos. **Biodegradação e preservação da madeira**. Curitiba: UFPR, 2013.

OLIVEIRA, A. M. F.; LELIS, A. T.; LEPAGE, E. S.; CARBALLEIRA LOPEZ. A. G.; OLIVEIRA, L. C. S.; CAÑEDO, M. D.; MILANO, S. Agentes destruidores da madeira. In: LEPAGE, E. S. (Coord.). **Manual de preservação de madeiras** São Paulo: IPT, 1986. v. 1, p. 99-278.

OSAKADA, Ayumi. **Desenvolvimento inicial de sangue-de-dragão (*Croton lechleri* müll. Arg.) Sob diferentes classes de solos, corretivos e níveis de luminosidade na Amazônia central**. 2009.

OLIVEIRA, Elian Meneses; DA COSTA, Alexandre Florian. **Resistência natural e colorimetria de madeiras submetidas ao ataque de fungos xilófagos**. 1. ed. Guarujá, SP: Editora Científica Digital, 2020. p. 779-792. Disponível em: <https://downloads.editoracientifica.org/books/978-65-87196-43-5.pdf>

OLIVEIRA, J. T. S.; SOUZA, L. C.; DELLA LUCIA, R. M.; SOUZA JÚNIOR, W. P. Influência dos extrativos na resistência ao apodrecimento de seis espécies de madeira. **Revista Árvore**, v.29, n.5, 2005.

PAES, J. B.; MEDEIROS NETO, P. N.; LIMA, C. R.; FREITAS, M. F.; DINIZ, C. E. Efeitos dos extrativos e cinzas na resistência natural de quatro madeiras a cupins xilófagos. **Cerne**, Lavras, v. 19, n. 3, p. 399-405, 2013.

Paes JB. Resistência natural de madeira de *Corymbia maculata* (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Johnsos a fungos e cupins xilófagos, em condições de laboratório. **Revista Árvore**. 2002; 26(6): 761-767. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622002000600012>.

PAES, J. B.; MORAIS, V. M.; LIMA, C. R. Resistência natural de nove espécies de madeiras do semi-árido brasileiro a fungos xilófagos em condições de laboratório. **Revista Árvore**, Viçosa, v.28, n. 2, p. 275-282, 2004.

PAES, Juarez Benigno et al. Eficiência dos óleos de nim (*Azadirachta indica* A. Juss.) e mamona (*Ricinus communis* L.) na resistência da madeira de sumaúma (*Ceiba pentandra* (L.) Gaerth.) a fungos xilófagos em simuladores de campo. **Ciência Florestal**, v. 22, n. 3, p. 617-624, 2012.

PAES, Juarez Benigno et al. Resistência natural de nove madeiras do semiárido brasileiro a fungos xilófagos em simulares de campo. **Revista Árvore**, v. 33, p. 511-520, 2009.

PAULA, M. H. et al. Utilização de métodos não destrutivos para caracterização simplificada da madeira de cumaru (*Dipteryx odorata* Willd). **Biodiversidade**, Brasília, v. 15, n. 2, p. 136- 149, 2016.

RIBEIRO, Mariely Aparecida et al. Durabilidade natural da madeira de jequitibá em ensaios de deterioração em campo aberto e floresta durante as estações de seca e chuva. **Comunicata Scientiae**, v. 5, n. 4, p. 402-411, 2014.

RIBERA, Javier; MICHEL, Elisabeth; SCHWARZE, Francis WMR. Influência das características do solo na biodeterioração da madeira por fungos da podridão parda. **Ciências Aplicadas**, v. 10, n. 24, pág. 8837, 2020.

RITTER, M. A.: MORRELL, J. J. **Timber Bridges: Design, Construction, Inspection and Maintenance**. Chapter 13: Bridge Inspection for Decay and Other Deterioration. United States Department of Agriculture, USDA. Forest Service, United States, 1990.

SCHAEFER, C. E. G. R. et al. Solos da região Amazônica. **Pedologia-Solos dos biomas brasileiros. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, p. 111-75, 2017.

STALLBAUN, P. H. et al. Resistência Natural da Madeira de *Sclerolobium paniculatum* Vogel a Cupins em Condições de Laboratório. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 24, n. 1, p. 1-6, 2017.

SANTINI, Elio José. Biodeterioração e preservação da madeira. 1988.

STALLBAUN, P.H. et al. Resistência natural da madeira de *Tachigali vulgaris* ao fungo xilófago *Postia placenta*. **Pesquisa Florestal brasileira**, Colombo, v. 36, n. 88, p. 459-463, 2016.

STANGERLIN, Diego Martins et al. Resistência natural da madeira de três espécies amazônicas submetidas ao ataque de fungos apodrecedores. **Revista Ciência da Madeira** (Brazilian Journal of Wood Science), v. 4, n. 1, p. 10-12953/2177-6830. v04n01a02, 2013.

SILVEIRA, Marcelo Fontana da. Influência de metabólitos secundários de madeiras da Caatinga na resistência ao ataque de fungos apodrecedores. 2018.

TEIXEIRA, Paulo César et al. Manual de métodos de análise de solo. **Brasília: Embrapa**, p. 573, 2017.

VAN DER WAL, Annemieke et al. A decomposição inicial dos fragmentos lenhosos no solo é influenciada pelo tamanho, posição vertical, disponibilidade de nitrogênio e origem do solo. **Planta e solo** , v. 301, n. 1, pág. 189-201, 2007.

WALKER, John CF. **Processamento de madeira primária: princípios e prática** . Springer Science & Business Media, 2006.

ZABEL, R. A.; MORRELL, J. J. **Wood Microbiology: Decay and Its Prevention**. 2. ed. [s.l.] Elsevier, 2020.