



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESTADO DO ACRE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
BIODIVERSIDADE
E BIOTECNOLOGIA - REDE BIONORTE**



**DEGRADAÇÃO BIOLÓGICA E DURABILIDADE NATURAL DE
MADEIRAS DA AMAZÔNIA EM CAMPO DE APODRECIMENTO**

SUELEM MARINA DE ARAUJO PONTES FARIAS

**Rio Branco - AC
2023**

SUELEM MARINA DE ARAUJO PONTES FARIAS

**DEGRADAÇÃO BIOLÓGICA E DURABILIDADE NATURAL DE
MADEIRAS DA AMAZÔNIA EM CAMPO DE APODRECIMENTO**

Tese de doutorado apresentada ao Curso de
Doutorado do Programa de Pós-Graduação em
Biodiversidade e Biotecnologia - Rede BIONORTE,
na Universidade Federal do Estado do Acre - UFAC
como requisito parcial para a obtenção do Título de
Doutor em Biodiversidade e Biotecnologia.

Orientador: Prof. Dr. Amauri Siviero

Coorientadora: Profa. Dra. Keiti Roseani Mendes
Pereira

**Rio Branco - AC
AGOSTO/2023**

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da UFAC

- F224d Farias, Suelem Marina de Araújo Pontes , 1982 -
Degradação biológica e durabilidade natural de madeiras da Amazônia em campo de apodrecimento / Suelem Marina de Araújo Pontes Farias; Orientador: Prof. Dr. Amauri Siviero e Coorientadora: Profa. Dra. Keiti Roseani Mendes Pereira. – 2023.
71 f.: il.; 30 cm.
- Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Acre, Programa de Pós-Graduação em Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Rede BIONORTE, Rio Branco, 2023.
Inclui referências bibliográficas e anexos.
1. Fungos. 2. Densidade. 3. Resistência. I. Siviero, Amauri (orientador). II. Pereira, Keiti Roseani Mendes (coorientadora) III. Título.

CDD: 660

SUELEM MARINA DE ARAUJO PONTES FARIAS

**DEGRADAÇÃO BIOLÓGICA E DURABILIDADE NATURAL DE
MADEIRAS DA AMAZÔNIA EM CAMPO DE APODRECIMENTO**

Tese de doutorado apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia - Rede BIONORTE, na Universidade Federal do Estado do Acre - UFAC como requisito parcial para a obtenção do Título de Doutor em Biodiversidade e Biotecnologia.

Orientador: Prof. Dr. Amauri Siviero

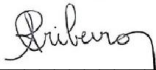
Coorientadora: Profa. Dra. Keiti Roseani Mendes Pereira

APROVADA: 27/06/2023

Banca examinadora



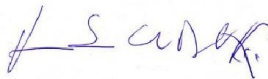
Dr. Amauri Siviero (Orientador)
EMBRAPA – AC



Dra. Patricia Gomes Ribeiro Amorim
Universidade Federal do Acre – UFAC



Dra. Leila Priscila Peters
Universidade Federal do Acre – UFAC



Dr. Fernando Sérgio Escócio Drummond
Universidade Federal do Acre – UFAC



Dra. Clarice Maia Carvalho
Universidade Federal do Acre – UFAC

**Dedico ao meu marido e aos meus filhos que me
acompanham e me dão força para sempre seguir
em frente.**

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, porque ele é bom, e porque a sua misericórdia dura para sempre;

À Fundação de Tecnologia do estado do Acre – FUNTAC que possibilitou minha liberação para execução dos créditos exigidos pelo programa da BIONORTE;

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa-Acre por permitir a minha participação no projeto intitulado “Durabilidade natural de espécies florestais madeiras amazônicas ocorrentes no Acre;

Ao meu orientador, Dr. Amauri Siviero, pela disponibilidade e presteza;

Ao meu amigo Daniel do Nascimento Lima que me auxiliou nas coletas dos dados;

À estagiária da Embrapa-Acre Samyla Maria Freitas, que auxiliou na coleta de dados inicial do projeto;

À bolsista, Engenheira Agrônoma, do Laboratório de Fitopatologia da Embrapa-Acre, Giovanna Teixeira Sandoval Moreira que auxiliou na coleta, conservação e identificação taxonômica de fungos;

Ao analista da Embrapa-Acre Paulo Eduardo Franca de Macedo, pertencente ao Laboratório de Fitopatologia da Embrapa Acre que auxiliou na identificação dos fungos;

Ao pesquisador da Embrapa-Acre, Dr. Rodrigo Souza Santos que gentilmente cedeu dados referentes à incidência no campo e a identificação taxonômica dos cupins que atacaram as madeiras;

Ao Laboratório de Micologia da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC que auxiliou na identificação taxonômica dos fungos;

À minha coorientadora, Profa. Dra. Keiti Roseane Mendes Pereira, que entrou no decorrer do processo veio para somar e suprimir eventuais dúvidas na parte de tecnologia da madeira;

Agradeço ao pesquisador aposentado da Embrapa Acre, Henrique Borges de Araújo, por permitir acesso para a realização das coletas de fungos ocorrentes no campo de apodrecimento de madeiras.

Agradeço aos professores Moisés Silveira Lobão da Universidade Federal do Acre - UFAC; Edson Luís Furtado da FCA/UNESP e José Raimundo de Souza Passos do Instituto de Biociências/UNESP pelo auxílio fundamental nas análises estatísticas dos dados de campo.

Aos meus amigos da FUNTAC Déborah Verçosa e Dixon Afonso que me incentivaram para a conclusão desse trabalho.

**“Tudo tem o seu tempo determinado,
e há tempo para todo o propósito
debaixo do céu.”**

Eclesiastes 3:1

FARIAS. Suelem Marina de Araujo Pontes. **Degradação biológica e durabilidade natural de madeiras da Amazônia em campo de apodrecimento**. 2023. 71 f. Tese (Doutorado em Biodiversidade e Biotecnologia) - Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2023.

RESUMO

Quando se fala em madeira, as espécies da Amazônia são as mais cobiçadas pelo comércio mundial. Suas características como cor, durabilidade, resistência mecânica entre outros fatores, fazem com que elas sejam tão almejadas, pois assim, garantem um tempo mais longo e uma segurança maior de uso em serviço. Neste contexto, o presente trabalho teve o objetivo gerar informações acerca do comportamento de madeiras expostas à intempérie e à degradação por organismos xilófagos. Para o desenvolvimento do estudo, foi instalado em 2015, um campo de apodrecimento na Embrapa Acre. O experimento foi composto por 36 espécies madeireiras da Amazônia, com corpos de prova medindo 5 X 5 X 50 cm, no total de 463 amostras. Para a avaliação da degradação biológica das amostras, foram realizadas 10 avaliações entre 2015-2022. Foi avaliada a microbiota fúngica, ocorrência de insetos xilófagos e o grau de degradação pelo método de Lepage. Como resultado, foram identificados 13 gêneros fúngicos ocorrendo nas madeiras em campo. Foram classificados como manchadores, oito gêneros de fungos ocorrentes, sendo eles: *Aspergillus* sp, *Fusarium* sp, *Penicillium* sp, *Trichoderma* sp, *Nigospora* sp, *Lasiodiplodia* sp, *Cladosporium* sp e *Curvularia* sp. E cinco gêneros classificados como degradadores de ligninas, que são: *Gloeophyllum striatum*, *Hexagonia hidinoide*, *Datronia scutellata*, *Trametes* sp e *Picnoporus* sp. Os cupins atacaram preferencialmente as espécies madeireiras menos densas, aquelas com alta densidade apresentaram maior resistência ao ataque. As espécies madeireiras mais atacadas por térmitas a violeta e a menos atacada foi a aroeira. Em contraponto, o canelão, freijó e a imbiridiba-amarela não foram atacados por térmitas. As espécies angelim do mato, castanheira, louro itaúba, manitê, marupá preto, mulateiro, mulungu duro, samaúma, tauari foram as que degradaram 100% das amostras no experimento. O canelão foi a espécie que obteve menor nota de Lepage, não apresentando nenhum grau de degradação durante todo o evento do experimento. O estudo demonstrou que a densidade das espécies madeireiras estudadas está diretamente relacionada com a sua resistência aos organismos de degradação biológica e durabilidade natural.

Palavras-chaves: Fungos; densidade; resistência; degradação.

FARIAS. Suelem Marina de Araujo Pontes. **Biological degradation and natural durability of Amazon woods in rotting field.** 2023. 71 f. Thesis (PhD in Biodiversity and Biotechnology) - Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2023.

SUMMARY

When it comes to wood, the species of the Amazon are the most coveted by world trade. Its characteristics such as color, durability, mechanical strength among other factors, make them so desired, because this way, they guarantee a longer time and a greater safety of use in service. In this context, this study aimed to generate information about the behavior of wood exposed to weathering and degradation by xylophagous organisms. For the development of the study, a rotting field was installed in EMBRAPA Acre in 2015. The experiment consisted of 36 Amazonian logging species, with specimens measuring 5 X 5 X 50 cm, in a total of 463 samples. For the evaluation of the biological degradation of the samples, 10 evaluations were performed between 2015-2022. The fungal microbiota, occurrence of xylophagous insects and the degree of degradation by the Lepage method were evaluated. As a result, 13 fungal genera were identified occurring in the woods in the field. Eight genera of fungi were classified as spotters, being: *Aspergillus* sp, *Fusarium* sp, *Penicillium* sp, *Trichoderma* sp, *Nigospora* sp, *Lasiodiplodia* sp, *Cladosporium* sp and *Curvularia* sp. And five genera classified as lignin degraders, which are: *Gloeophyllum striatum*, *Hexagonia hidinoide*, *Datronia scutellata*, *Trametes* sp e *Picnoporus* sp. Termites preferentially attacked less dense wood species, those with high density showed greater resistance to attack. The hardwood species most attacked by violet termites and the least attacked was the aroeira. In contrast, the canelão, freijó and the imbiridiba-amarela were not attacked by termites. The species angelim do mato, Castanheira, louro Itaúba, manitê, marupá preto, mulateiro, Mulungu duro, Samaúma, Tauari were the ones that degraded 100% of the samples in the experiment. The canelão was the species that obtained the lowest Lepage score, showing no degree of degradation during the entire event of the experiment. The study demonstrated that the density of the studied wood species is directly related to their resistance to biological degradation organisms and natural durability.

Keywords: Fungi; density; resistance; degradation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Localização da área experimental.	25
Figura 02 – Aspecto da avaliação de campo das estacas implantadas no campo de apodrecimento.	30
Figura 03 – Metodologia usada na identificação dos fungos no Laboratório de Fitopatologia da Embrapa Acre e os equipamentos Lupa e Microscópio utilizados para observação fungos.	30
Figura 04 – Incidência dos fungos e sua distribuição ao longo das avaliações de campo	38
Figura 05 – Dendrograma obtido pela análise de agrupamento verificado nas médias de infestação dos fungos da distância euclidiana.	38
Figura 06 – Ajuste do modelo linear generalizado com distribuição Poisson e função de ligação logarítmica para a média total de fungos em estacas de madeira, considerando como fatores principais a espécie de madeira e ocorrência de cupins.	39
Figura 07 – Ajuste do modelo linear generalizado com distribuição binomial e função de ligação logit para a proporção média de fungos em estacas de madeira, considerando como fatores principais a espécie de madeira e gênero do fungo. a) significância dos fatores principais; (b) qualidade de ajuste: resíduos padronizados de Pearson e desvios por graus de liberdade (dgl) (c) comparação das médias totais de fungos, segundo espécie de madeira (Teste de Tukey-Kramer).	43
Figura 08 – Ocorrência de cupins em corpos de provas.	43
Figura 09 – Ajuste do modelo linear generalizado com distribuição Poisson e função de ligação logarítmica para as notas médias de Lepage em estacas de madeira, considerando como fatores principais a espécie de madeira. a) significância dos fatores principais; (b) qualidade de ajuste: resíduos padronizados de Pearson e desvios por graus de liberdade (dgl) (c) comparação das médias totais de fungos, segundo espécie de madeira (Teste de Tukey-Kramer).	46
Figura 10 - Percentual de degradação das estacas segundo espécies de madeira aos 3 anos de instalação do experimento.	48
Figura 11 - Percentual de degradação das estacas com base nas notas de Lepage segundo espécies de madeira.	48
Figura 12 - Massa específica das espécies x índice de degradação das espécies.	49

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 - Identificações das espécies de madeiras usados no experimento.	27
Quadro 02 - Quadro para avaliação da degradação da madeira com notas de Lepage.	32
Quadro 03 - Fungos encontrados nas estacas de madeira do experimento	34
Quadro 04 – Formação de grupos de por meio de suas similaridades.	39
Quadro 05 – Médias do total de fungos em estacas de madeira seguidos do erro padrão da média (epm) entre parêntesis, referente ao ajuste do modelo linear generalizado com distribuição Poisson e função de ligação logarítmica para o total de fungos em estacas de madeira, considerando como fatores principais a espécie da madeira e ocorrência de cupins.	40
Quadro 06 – Correlação de Spearman entre a proporção de ocorrência de fungos e o tempo e valor-p do teste de hipóteses H_0 : correlação =0 vs H_1 : correlação $\neq 0$.	42
Quadro 07 – Proporção média de fungos em estacas de madeira seguidos do erro padrão da média (epm) entre parêntesis, referente ao ajuste do modelo linear generalizado com distribuição binomial e função de ligação logit, considerando como fatores principais a espécies de madeira e gênero de fungos.	44
Quadro 08 - Notas médias de Lepage em estacas de madeira, considerando como fator a espécie de madeira, seguidos do erro padrão da média (epm) entre parêntesis, referente ao ajuste modelo linear generalizado com distribuição Poisson e função de ligação logarítmica.	47

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FUNTAC - Fundação de Tecnologia do Estado do Acre

LTM - Laboratório de Tecnologia da madeira

INPA - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia

IMAC - Instituto do Meio Ambiente do Acre

LPF - Laboratório de Produtos Florestais

MMA - Ministério do Meio Ambiente

MCTIC - Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações

NaOH - Hidróxido de sódio

PIB - Produto interno bruto

PVC - Policloreto de vinil

SFB - Serviço Florestal Brasileiro

UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
2.1. A MADEIRA	16
2.2. RESISTÊNCIA NATURAL E A DURABILIDADE DA MADEIRA	18
2.3. AGENTES BIODEGRADORES	21
2.3.1 FUNGOS.....	21
2.3.2 CUPINS.....	23
3. MATERIAIS E MÉTODOS	25
3.1. LOCAL DE ESTUDO	25
3.2. OBTENÇÃO E IDENTIFICAÇÃO MACROSCÓPICA DAS ESPÉCIES MADEIREIRAS	25
3.3 OBTENÇÃO DOS CORPOS DE PROVA.....	26
3.4. AVALIAÇÃO DA DEGRADAÇÃO BIOLÓGICA	29
3.4.1 MICRÓBIOTA FÚNGICA.....	29
3.4.2 OCORRÊNCIA DE CUPINS	31
3.4.3 AVALIAÇÃO DO GRAU DE DEGRADAÇÃO DE ESPÉCIES DO EXPERIMENTO.....	32
3.5. ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS DO EXPERIMENTO.....	32
4. RESULTADOS	34
4.1 IDENTIFICAÇÃO TAXONÔMICA DOS FUNGOS ENCONTRADOS NAS MADEIRAS.....	34
4.2 MÉDIA TOTAL DE FUNGOS	39
4.3 PROPORÇÃO DE OCORRÊNCIA DE FUNGOS	41
4.4 PROPORÇÃO DE OCORRÊNCIA DE CUPIM.....	44
4.5 AVALIAÇÃO DA DURABILIDADE DE ESPÉCIES DO EXPERIMENTO.....	45
5. DISCUSSÃO.....	50
6. CONCLUSÕES.....	54
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55
ANEXOS.....	61

1. INTRODUÇÃO

A madeira é um material que é cobiçado desde o início da humanidade e possui lugar de destaque no desenvolvimento da nossa civilização. É um dos principais produtos florestais que é utilizada em larga escala (TOMAZELI *et al.*, 2016).

Ela é um material versátil com propriedades físicas e mecânicas vantajosas em relação a outros materiais como o concreto, plástico, aço e alumínio e etc. Ela é um material renovável, com beleza, em muitos casos alta resistência mecânica, bom isolamento térmico e de fácil trabalhabilidade (VIDAL *et al.*, 2015).

Já para muitos, a madeira apresenta desvantagens tais como baixa durabilidade, está propensa a rachaduras, empenamentos, e por ser um material combustível. Para Vidal *et al.* (2015), relataram que muitas propriedades das madeiras são desconhecidas causando incorreta utilização da mesma. Com isso, é necessário a avaliação de determinadas propriedades da madeira, para melhor adequação a condição de uso.

A relevância sobre o conhecimento da durabilidade natural da madeira é conhecida por muitos. Esse conhecimento pode viabilizar a utilização racional desta matéria-prima, diminuindo por consequência o seu consumo e custos na hora da substituição da mesma caso haja necessidade (TOMAZELI *et al.*, 2016).

Stallbaun *et al.* (2017), ratificam que a durabilidade natural da madeira é a sua característica mais importante pois algumas espécies de madeira que apresentam elevada resistência à deterioração biológica, não necessitam do uso de substâncias químicas para aumentar sua durabilidade. Para o autor, a busca pela redução dos impactos ambientais e a redução de gastos com a troca de peças deterioradas de madeira prematuramente é o que o mercado almeja.

Para Gomes e Ferreira (2002), a durabilidade da madeira pode ser classificada como alta, média ou baixa, dependendo da sua resistência à ação dos agentes degradadores como os fungos e cupins. De acordo com Castro *et al.* (2018), por razões econômicas, o ser humano sempre buscou prolongar a vida útil da madeira tentando retardar sua deterioração. Essa resistência natural da madeira tão almejada é mais avaliada quando utilizada em testes de campo (condições reais), quando são expostas a agentes físicos, químicos e biológicos do solo (PAES *et al.*, 2009; JESUS e ABREU, 2002; VITAL *et al.*, 2015).

Para Stallbaun *et al.* (2017), as espécies de madeira nativas da Amazônia são as mais procuradas para a comercialização em todo o mundo devido às suas qualidades como cor, resistência mecânica que asseguram o mais durável e seguro uso em serviço.

Contudo, a resistência de muitas e a durabilidade natural da madeira ainda é desconhecida pelo mercado e pela ciência (COSTA *et al.*, 2019; PARÁ, 2017). Muitas espécies madeireiras são utilizadas sem levar em consideração a degradação biológica causada principalmente por fungos e cupins.

Lazarotto *et al.* (2016), salienta que mesmo com a relevância dos agentes degradadores da madeira, existem poucos trabalhos que visem identificar os agentes envolvidos no apodrecimento da madeira, principalmente em relação ao uso delas sem tratamento químico.

A principal hipótese deste estudo é a de que as espécies madeireiras da Amazônia reagem diferentemente frente à degradação biológica causada por fungos e cupins que foram identificados nesta pesquisa em campo de apodrecimento em contraposição à hipótese de nulidade, onde todas as espécies madeireiras se comportam igualmente em relação ao ataque de fungos e cupins não interferindo no processo de durabilidade natural promovida pela degradação biológica. Desta forma esta pesquisa tem como objetivo:

1.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a durabilidade natural a degradação biológica causada por fungos e cupins em estacas de madeiras amazônicas em campo de apodrecimento.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar a microbiota fúngica e os cupins ocorrentes nas espécies do experimento;
- Avaliar a ocorrência de fungos e cupins nas espécies;
- E avaliar a durabilidade natural de espécies madeireiras amazônicas submetidas em campo de apodrecimento no Acre.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. A MADEIRA

A madeira é um material cobiçado desde os primórdios da humanidade e possui lugar de destaque no desenvolvimento da civilização humana. Este valioso material é empregado pelo homem nos mais diversos usos como: abrigo, defesa na confecção de armas, aquecimento, cozimento, construção de embarcações, indústria moveleira, construção civil, transporte, artigos esportivos, instrumentos musicais, tornearia, assoalho, celulose e papel, entre outros. As propriedades singulares da madeira a tornaram um produto indispensável em diversos campos da atividade humana (ARAÚJO, 2020).

A madeira foi o primeiro material usado em estruturas de abrigo humano e foi combinada com materiais que permitiram que as estruturas fossem unidas para maior resistência. Cada região apresenta uma técnica de uso diferente da madeira, mas sempre com os mesmos objetivos e semelhanças, isso devido à diferença de clima e material disponível em cada local (CORDEIRO JÚNIOR *et al.*, 2017).

Mesmo que haja novos materiais para os mesmos usos na atualidade em substituição à madeira os derivados da indústria madeireira continuam a ser aproveitados (PONS e KNOP, 2020). No entanto, a forma como a madeira é utilizada vai depender da forma de como ela é exposta às intempéries acaba interferindo profundamente na sua resistência (BATISTA, 2020; BATISTA *et al.*, 2020; FURTADO, 2000).

As características botânicas e anatômicas da madeira é de suma importância para a indústria. Por este motivo, deve-se conhecer as particularidades de cada espécie para um propósito mais adequado como: a. distinguir madeiras que, aparentemente, são idênticas; b. prever utilizações adequadas de acordo com suas características estruturais e c. prever o seu desempenho no que diz respeito a sua utilização ideal (BOTOSSO, 2009).

A árvore viva ou a madeira em condições de serviço, devido a sua constituição orgânica, está sujeita ao ataque de fungos e insetos xilófagos, pois estes a utilizam como abrigo, reprodução ou alimento (CASTRO *et al.*, 2018; FURTADO, 2000; TREVISAN, 2006).

Algumas madeiras amazônicas são consideradas altamente resistentes ao ataque de microrganismos. Contudo, as particularidades dessas espécies madeireiras com potencial econômico como; resistência, características físicas, mecânicas e anatômicas e a sua durabilidade ainda são desconhecidas pelo mercado e pelo meio acadêmico (COSTA *et al.*, 2019; ZANATTA *et al.*, 2020). Para Furtado (2000), a busca por soluções que auxiliem a

aumentar a durabilidade da madeira em campo é extremamente necessária, buscando assim a otimização desse recurso.

A madeira é tida como um dos produtos florestais que possui maior capacidade de geração de renda. Galinari *et al.* (2013) e Araújo e Silva (2020) apontam que, na Amazônia, o setor madeireiro contribui de forma considerável para a geração de emprego e renda aos trabalhadores que vivem nas florestas ou executam tarefas nas indústrias de processamento.

Os recursos florestais na Amazônia têm um peso significativo no produto interno bruto - PIB da região e pode-se observar que há uma inversão do quadro exploração desenfreada, ocorrida das décadas de 60 e 70, quando a floresta era desmatada dando lugar à agricultura e à pecuária, enquanto os recursos madeireiros eram subutilizados (VERAS e BUENAFRUEnte, 2019).

Os produtos florestais de origem madeireira são matérias-primas sustentáveis, com infinitas possibilidades de uso. Dentre esses usos, podemos citar: a, fabricação de móveis, b, instrumentos musicais, b. emprego na construção civil em estruturas temporárias como escoramento, formas e andaimes e em estruturas permanentes, como vigas, caibros, treliças, pilares, etc. A capacidade de renovação da madeira a distingue de outros materiais, permitindo sua produção em larga escala em plantios florestais ou sua seleção em áreas de manejo florestal.

Em 2021, o Brasil produziu 148.486.911 m³ de madeira em tora, o equivalente à geração de R\$ 13.542.674,00. Porém, a região norte foi responsável por produzir apenas 4 milhões de m³ de madeira em tora, dos mais de 148 milhões de m³ citados (IBGE, 2021). As regiões sul e sudeste foram responsáveis por mais de 70% da produção de madeira em tora nesse ano, impulsionadas pelo setor de florestas plantadas.

Em 2022, as exportações de madeira do Acre acumularam US\$ 16.202.727,00, representando cerca de 30% dos produtos exportados pelo estado (SEPLAN-AC, 2023). Estes produtos madeireiros exportados foram divididos em três categorias: (i) Madeiras tropicais perfilada (com espigas, ranhuras, filetes, entalhes, chanfrada, com juntas em V, com cercadura, boleada ou semelhantes) ao longo de uma ou mais bordas, faces ou extremidades, mesmo aplainada, lixada ou unida pelas extremidades; (ii) Outras madeiras tropicais (cedro, ipê, pau-marfim, louro, etc), serradas, cortadas em folhas ou desenroladas, de espessura > 6 mm; e (iii) Madeira compensada, constituída por folhas de madeira (exceto bambu), cada uma das quais de espessura não superior a 6 mm, com pelo menos uma face de madeira tropicais.

Atualmente as estacas de madeira são muito procuradas para serem utilizadas na construção de cercas visando à contenção de animais em pastagens. Atualmente, ocorre grande

demanda por estacas e mourões de madeira no Acre, exigindo importação destas peças de madeira tratada de outros estados do Brasil, para tentar suprir a demanda do estado.

A estimativa do consumo anual de peças de madeira no Acre é de 750.000 unidades. Segundo informações da Secretaria de Fazenda do Estado do Acre (2023), a importação de peças de madeira de eucalipto tratado para uso na pecuária no Acre foi de 83.943 unidades atingindo valor de R\$ 1.972.492,57 no ano de 2021. Até dezembro de 2022 o Acre já havia importado 124.764 peças de madeira atingindo o valor de R\$ 1.743.121,70.

2.2. RESISTÊNCIA NATURAL E A DURABILIDADE DA MADEIRA

De acordo com Castro *et al.* (2018), por razões econômicas, o ser humano sempre busca prolongar a vida útil da madeira tentando retardar sua degradação. Desta forma, a relevância do conhecimento da durabilidade da madeira e a resistência natural da madeira frente as intempéries físicas e biológicas são importantes tendo em vista a utilização racional da madeira reduzindo dos custos de uma futura substituição da mesma (ALVES *et al.*, 2006).

Como a madeira é um produto de natureza biológica, ela e os produtos dela derivados requerem processamento adequado, para que sejam protegidos contra as intempéries de uso e dos organismos causadores de danos (BARBOSA *et al.*, 2022).

A durabilidade natural da madeira é uma das características tecnológicas de madeiras que traduz a sua vida média útil a depender da sua suscetibilidade à organismos xilófagos (JESUS *et al.*, 1998). A durabilidade da madeira também define, com maior excelência, o destino ideal de uso das peças, de forma mais adequada e eficiente (BATISTA *et al.*, 2020).

A durabilidade da madeira também pode variar frente à resistência às forças mecânicas naturais como: a. vento, impacto de queda de galhos, b. danos físicos e c. químicos e d. degradação biológica. Em geral, as espécies arbóreas que apresentam massa específica alta e estrutura menos porosa, onde as paredes celulares são muitas vezes impregnadas com muitas substâncias especiais, são mais resistentes aos danos físicos, químicos e biológicos (ARAÚJO, 2020; BURGER e RICHTER, 1991).

A quantidade de tecido do parênquima (raios e parênquima axial) confere à madeira uma baixa resistência natural por ser um tecido de fácil penetração e principalmente por atrair agentes degradadores através da oferta de nutrientes como: amido armazenados nas células, açúcares, proteínas (ARAÚJO, 2020).

A presença de substâncias específicas como sílica, alcaloides e taninos nas células, concentradas no cerne do tronco aumenta a resistência natural da madeira devido ao efeito

tóxico que muitas vezes exercem sobre os organismos xilófagos. Em geral, a presença de substâncias especiais produz uma coloração acentuada no lenho, tornando madeiras escuras mais duráveis apresentando maior resistência natural e durabilidade (ARAÚJO, 2020; JANKOWSKY, 1990; LEPAGE *et al.*, 1986).

Para o melhor aproveitamento da madeira, é necessário o conhecimento das etapas envolvidas na deterioração, para gerar informações para seu melhor uso e durabilidade (BATISTA, 2020). Para Lopez e Milano (1986) e Castro *et al.* (2018), os ensaios de campo envolvendo estudos de durabilidade de madeiras são extremamente importantes pois permitem verificar quais os organismos que estão envolvidos na degradação do material além de possibilitar a estimativa da vida média em serviço.

Desta forma, os resultados de avaliações da durabilidade de madeiras permitem classificá-las quanto à possibilidade ou não de serem utilizadas em contato com o solo ou para o uso em construção e estruturas de suporte, ou ainda em outras aplicabilidades onde ocorram riscos de danos acarretados por fatores climáticos, abióticos e pela grande variedade de insetos e fungos xilófagos (JESUS *et al.*, 1998).

Outra relevância do conhecimento da resistência natural da madeira é que o mesmo se faz necessário para a sua recomendação adequada de uso, a fim de se evitar gastos desnecessários com a constante troca de peças degradadas pela ação física e biológica (PAES *et al.*, 2004; PAES *et al.*, 2009).

Stallbaun *et al.*, (2017) e Paes *et al.*, (2015), reiteram que a busca pela redução dos impactos ambientais e a redução de gastos com a troca de peças deterioradas de madeira como as estacas utilizadas como as cercas de contenção de animais no pasto. A durabilidade natural da madeira é a sua característica mais importante, pois as espécies que apresentam elevada resistência à deterioração biológica não necessitam do uso de substâncias químicas para aumentar sua durabilidade.

A capacidade de resistência à degradação da madeira é a sua aptidão em resistir ao ataque de agentes biológicos, físicos e químicos, chamados de agentes deterioradores ou degradadores (GONÇALVES *et al.*, 2014). A determinação da durabilidade natural da madeira em campo e associá-la ao conhecimento da sua resistência mecânica permite a classificação adequada do uso do material (PALMA *et al.*, 2018).

O alburno é a parte ativa do tronco de árvores, composta por células com grande quantidade de água e substâncias nutritivas, porém com menor quantidade de impregnações enrijecendo-as. Por este motivo, esta parte é mais suscetível ao ataque de xilófagos e apresenta menor resistência mecânica. Já o cerne, se distingue do alburno por sua coloração mais escura,

ocasionada ao longo dos anos. Ao longo do processo de envelhecimento, as células da madeira perdem suas funções vitais e há a deposição de substâncias como: carboidratos, gorduras, resinas, taninos o que confere ao cerne uma estrutura compacta, menos arejada (ARAÚJO, 2020).

A resistência natural da madeira é bem mais avaliada quando utilizada em testes de campo (condições reais), quando são expostas a agentes físicos, químicos e biológicos do solo (JESUS e ABREU, 2002; PAES *et al.*, 2009; VITAL, 2015).

Para avaliar a resistência natural da madeira, usualmente são realizados ensaios de campo de apodrecimento do material, em campo aberto ou em florestais, sofrendo efeitos dos agentes externos (vendo, chuva, umidade, radiação solar, etc.). Segundo Castro *et al.*, (2018) o objetivo dos ensaios de campo é testar o material em condições reais de uso, permitindo avaliar a durabilidade da madeira nas condições em que foi submetida ao longo de determinado tempo.

As espécies madeireiras com densidade superior a $0,80 \text{ g.cm}^{-3}$ tendem a ser mais resistentes ao desgaste natural, frente aos fatores abióticos e bióticos. A densidade da madeira está intimamente ligada a outros fatores que afetam a estabilidade natural como: a. composição química da biomassa na madeira, ou seja, o tipo e a quantidade de extrato lignina e cinzas e b. proporção de cerne/alburno (BATISTA *et al.*, 2020).

Palma *et al.*, (2018), os autores inferiram que o tempo de exposição gera redução na resistência das espécies ao choque. No entanto, a resistência ao impacto residual relaciona-se com a densidade da espécie e não com sua classificação de resistência.

Jesus e Abreu (2002), ratificam que os testes de campo geram informações sobre as classes de resistência da madeira, o que faz com que isso seja interessante ao mercado, já que tais informações são de suma importância para a sua aplicabilidade em diversos ambientes.

Costa *et al.* (2005), afirmam também que os testes de durabilidade/resistência de campo acabam demonstrando as reais situações de uso da madeira, pois as mesmas estarão expostas à lixiviação, secagem, exposição à luz solar, agentes químicos presentes no solo e ação de organismos xilófagos por determinados períodos irregulares de tempo.

Os estudos de durabilidade/resistência de madeiras no campo revelam as aplicabilidades da madeira e apontam riscos de danos ocasionados por organismos xilófagos e pelos fatores abióticos evitando os gastos advindos da utilização de produtos químicos empregados no tratamento de madeiras de baixa durabilidade visando conferir um desempenho satisfatório em serviço (CORASSA *et al.*, 2014).

2.3. AGENTES BIODÉGRADORES

2.3.1 FUNGOS

A madeira quando usada em contato com o solo é um alvo fácil para sua degradação ocasionada por agentes químicos, físicos, biológicos e mecânicos, dependendo de sua constituição anatômica e química (HANADA *et al.*, 2003).

Para Mesquita *et al.* (2006), os agentes biodegradadores que mais têm destaque nesse processo são os biológicos, notadamente com destaque para os fungos e cupins. Os fungos são os causadores dos maiores danos à madeira, como bolores superficiais, manchas e apodrecimentos, o que gera prejuízos na hora da comercialização da madeira, diminuindo o valor do produto final.

Os agentes bióticos da madeira como; os insetos, fungos, algas e xilófagos marinhos são aqueles mais importantes no processo de degradação natural. Os principais fatores abióticos envolvidos na degradação da madeira são: chuvas, ventos e da radiação solar (STANGERLIN *et al.*, 2013; TREVISAN *et al.*, 2007). Os agentes bióticos e abióticos agem simultaneamente, dificultando a identificação e a quantificação específica das causas da degradação da madeira (GOODELL *et al.*, 2020).

Entre os agentes degradadores naturais de madeiras destaca-se a ação dos fungos degradadores, que atacam as árvores em pé no campo e em várias fases posteriores desde o corte até o produto final beneficiado (FURTADO, 2000; STANGERLIN *et al.*, 2013).

Os fungos ocorrem em quase todos os nichos ecológicos onde a madeira é utilizada e atacam em grandes proporções e com rápido desenvolvimento ocasionando danos a estrutura física liberando substâncias químicas o que acaba gerando manchas na madeira e a sua depreciação no mercado consumidor (ABREU *et al.*, 2002; SILVA, 2014).

Para Kelley *et al.* (2002), a descoloração da madeira causada por ação dos fungos é importante fonte de perda de valor para a produção de madeira e madeira em serviço. Estima-se que os danos causados por fungos em madeiras são de 15 à 25% no valor da madeira em pé e 10 a 15% no valor dos produtos de madeira durante o armazenamento e utilização. Em alguns casos não é possível a visualização a olho nu dos danos causados por estes fungos que podem ser profundos reduzindo drasticamente a vida útil e a qualidade da madeira.

Na natureza, estão descritas e reportadas, diversas espécies de fungos classificados como manchadores, emboladores e apodrecedores de madeiras sendo responsáveis pela degradação das mesmas (MOTTA *et al.*, 2013).

As espécimes de fungos ascomicetos e basidiomicetos são relatados como xilófagos apodrecedores de madeiras no campo. Os ascomicetos estão mais relacionados as manchas superficiais enquanto os basidiomicetos são relatados como xilófagos verdadeiros pois decompõem a lignina e ocorrem em troncos mortos e em peças de madeira apodrecendo o lenho.

Para Oliveira *et al.* (2005) e Silva (2014), os fungos que mais se destacam entre os responsáveis do apodrecimento da madeira são os ascomicetos imperfeitos e os basidiomicetos revelando sintomas de podridão-parda e podridão-branca das madeiras. Os fungos apresentam características enzimáticas distintas em relação à decomposição dos constituintes primários da madeira.

O mecanismo de degradação da madeira difere fundamentalmente entre fungos de podridão-parda e branca. Em geral, os fungos da podridão-parda removem seletivamente compostos de celulose e hemiceluloses e despolimerizar e modificar a hemicelulose, para ser rapidamente repolimerizada, enquanto o fungo da podridão-branca degrada todas as células componentes da madeira (BARREAL, 1998 apud CALONEGO *et al.*, 2013; GOODELL *et al.*, 2020).

Goodell *et al.* (2020), descrevem o mecanismo da decomposição da madeira por fungos que se inicia-se pelo contato da madeira com os esporos e fragmentos de micélio dos fungos. Havendo condições favoráveis para germinação dos esporos ocorre formação de hifas que crescem na superfície da madeira ocasionando manchas. A partir do momento em que se forma o micélio os fungos causadores de manchas secretam metabólitos extracelulares e enzimas que podem despolimerizar e digerir os componentes poliméricos selecionados da madeira.

O tipo de fungo que mais causa maiores danos na madeira gerando perdas econômicas são os fungos apodrecedores. Eles são abundantemente encontrados em regiões de clima tropicais e considerados os mais ativos no processo de degradação de espécies mais densas de madeiras (RÄBERG *et al.*, 2013; ZENI *et al.*, 2004).

Oliveira *et al.* (1986) e Martins (2007) reportaram que as hifas dos fungos manchadores são hialinas ou hifas pigmentadas. Desta forma, elas podem penetrar intensamente no alborno da madeira causando descoloração superficiais ou profundas. As manchas causadas por fungos em madeiras reduzem a qualidade e consequentemente o seu valor comercial da madeira (CASTRO *et al.*, 2018; SACCOMAN *et al.*, 2017).

Os fungos manchadores ou emboloradores de madeira, geralmente, ocorre nas árvores recém-abatidas sendo os pioneiros na colonização. Esse fenômeno se dá em virtude da elevada quantidade de substâncias de reserva, aliada à alta umidade da madeira, que acabam auxiliando o desenvolvimento desses fungos (HANADA *et al.*, 2003).

O tipo de ataque realizado pelos fungos emboladores e manchadores é geralmente superficial, o que acaba não comprometendo a resistência mecânica da madeira (CASTRO *et al.*, 2018).

Os agentes causadores de manchas em madeiras apresentam destaque para os fungos mitospóricos do gênero *Penicillium* sp, *Aspergillus* sp e *Trichoderma* sp, que são facilmente disseminados pelo ar. A coloração das manchas pode variar de acordo com a espécie do fungo, variando de branco, cinza a verde e amarelo (FURTADO, 2000).

A umidade relativa do ar, temperatura, variação de umidade e tempo de exposição da madeira após o corte, contribuem para o desenvolvimento de fungos em madeiras (VIITANEN, 2001).

CASTRO *et al.*, (2018) revelam que relação entre a quantidade de alburno e cerne, qualidade da superfície da madeira, nutrientes da constituição, permeabilidade da madeira e, ocorrência de tratamentos interferem na colonização por fungos.

Para Lazarotto *et al.* (2016), poucos trabalhos buscam identificar os fungos xilófagos apesar da sua importância, com destaque para a utilização da madeira sem tratamento, isso quando comparado a outros tipos de fungos degradadores da madeira.

2.3.2 CUPINS

Os cupins formam um vasto grupo de invertebrados que pertencem à ordem Isoptera. Os cupins ou térmitas são considerados insetos sociais que vivem em vários ambientes tropicais (Lima e Costa-Leonardo, 2007).

Gonçalves *et al.*, (2013), afirma que no Brasil, existem aproximadamente 200 espécies de cupins identificados, sendo estes associados a sua ocorrência em madeiras consideradas seca.

Cardoso *et al.*, 2019 revelam que os cupins são considerados responsáveis, no meio urbano, por degradarem madeiras secas, isto é, com baixo teor de umidade. Para Lima e Costa-Leonardo (2007), quando os cupins se estabelecem no meio das madeiras, aquela peça servirá de abrigo e alimento para eles ocasionando danos a madeira.

Os cupins são conhecidos por serem importantes para decomposição de madeira e podem ser altamente abundantes, atingindo densidades de até 10.000 indivíduos por m² (GRIFFITHS *et al.*, 2019).

Para Corassa *et al.*, (2014) os cupins por se alimentarem da celulose de madeiras, eles acabam gerando quebra das células lenhosas, em especial às fibras e traqueóides, que irão atuar negativamente na resistência mecânica da madeira.

Cupins desenvolvem-se abundantemente em ecossistemas terrestres e desempenham papéis importantes na bioreciclagem de lignocelulose. Juntamente com seus simbioses microbianos, eles decompõem lignocelulose eficientemente (OHKUMA, 2003).

Os cupins desempenham papel importante na decomposição da serapilheira, por exemplo, consumindo mais de 90% de madeira seca em alguns climas tropicais áridos (BUXTON, 1981).

Os cupins cultivadores de fungos são bem sucedidos, a maior parte das vezes, na decomposição completa da lignocelulose em uma cooperação sofisticada com fungos basidiomicetos cultivados em geralmente seu ninho (OHKUMA, 2003 e BUXTON, 1981).

Na atualidade, existem poucos estudos que visam demonstrar a durabilidade da madeira em relação ao ataque de cupins de solos notadamente na Amazônia. Dessa forma, são necessárias pesquisas nessa área que visam buscar informações sobre as características afetadas das madeiras atacadas por esses térmitas xilófagos (GUERRA, 2010).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. LOCAL DE ESTUDO

O experimento foi instalado no Campo Experimental na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Acre. O campo de apodrecimento foi estabelecido nas coordenadas geográficas S10°01'31.5" e W67°42'25.5". A área apresenta aproximadamente 1200 m². topografia plana, incidência de luz solar plena, solo com boa drenagem, solo distrófico com alto teor de argila e vegetação constituída por gramíneas forrageiras. Na Figura 1 abaixo pode-se observar a área de implantação do experimento.

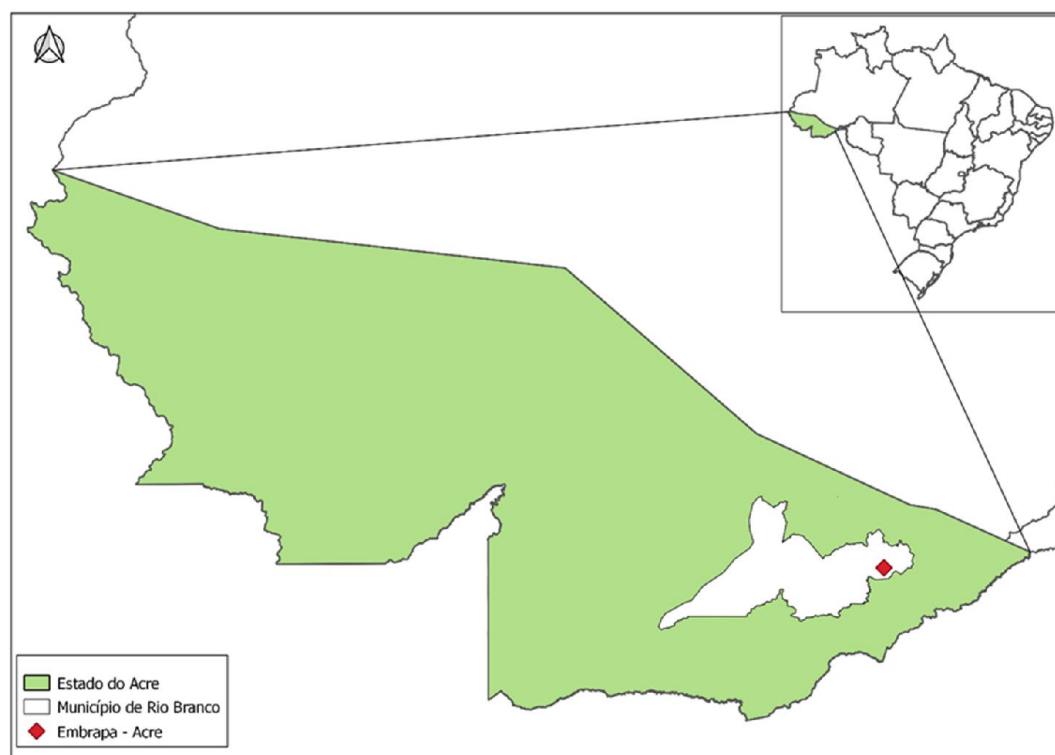


FIGURA 1 – Localização da área experimental

Fonte: Autora

3.2. OBTENÇÃO E IDENTIFICAÇÃO MACROSCÓPICA DAS ESPÉCIES MADEIREIRAS

Neste trabalho foram avaliadas estacas de madeiras provenientes de um campo de apodrecimento na Embrapa Acre instalado no ano de 2015. Uma parte das amostras das madeiras foram obtidas de uma de área de Reserva Legal da Embrapa Acre, e por meio de aproveitamento de árvores caídas e desvitalizadas sendo o processo devidamente autorizado pelo Instituto do Meio Ambiente do Acre – IMAC e uma outra parte das estacas foram obtidas por doação de uma empresa madeireira local.

Para a implantação do campo de experimento, foi realizada a identificação macroscópica prévia das espécies florestais selecionadas sendo realizada em três instituições: Laboratório de Produtos Florestais - LPF do Serviço Florestal Brasileiro (Brasília, DF), Laboratório de Anatomia e Identificação de Madeiras do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA (Manaus, AM) e Coleção de referência da Fundação de Tecnologia do Estado do Acre – FUNTAC (Rio Branco, AC).

Todos os laboratórios de identificação emitiram certificados atestando gênero, espécie e família botânica atualizada baseada na anatomia macroscópica das madeiras analisadas. O experimento fez parte do projeto intitulado “Durabilidade natural de espécies florestais madeireiras amazônicas ocorrentes no Acre” sob liderança da Embrapa – Acre.

3.3 OBTENÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

Foram confeccionadas estacas com dimensões de 5,0 cm de largura; 5,0 cm de espessura e 50,0 cm de comprimento, as mesmas foram cortadas a partir do cerne de peças de madeira isentas de partes do alburno e sem manchas e injúrias mecânicas visíveis ao olho nú. Os cortes foram realizados com orientação no sentido longitudinal às fibras da madeira, seguindo orientações específicas para testes de durabilidade natural de madeiras conforme Lepage (1970), e logo após enterradas numa área medindo aproximadamente 1.200 m².

O campo de apodrecimento foi composto por 36 espécies de madeiras comerciais provenientes do Estado do Acre, conforme Quadro 1. A distribuição das estacas no campo de apodrecimento foi realizada em 14 linhas de 30 metros espaçadas entre si por 2,50 metros. As estacas devidamente identificadas por códigos foram enterradas verticalmente no solo com etiqueta voltada para o norte a 1,0 m de distância e a uma profundidade de 0,25 m dentro de cada linha.

O número de estacas de cada espécie florestal estudada variou entre 4 (quatro) a 32 (trinta e duas) estacas, totalizando 463 estacas avaliadas. No Quadro 1 são descritos o nome comum, nome científico, família botânica, densidade e o número de estacas testadas. Os dados de densidade das madeiras foram extraídos da literatura especializada como: Serviço florestal Brasileiro, Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo – IPT e Fundação de Tecnologia do Estado do Acre - FUNTAC.

Quadro 1 - Identificações das espécies de madeiras usados no experimento

Nº	Nome vulgar	Nome científico	Família	Densidade	Nº Amostras
-----------	--------------------	------------------------	----------------	------------------	--------------------

1	Abiurana preta	<i>Planchonella oblanceolata</i> Pires.	Sapotaceae	0,73	8
2	Amarelão	<i>Aspidosperma vargasii</i> A.DC.	Apocynaceae	0,88	18
3	Andiroba	<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	Meliaceae	0,59	21
4	Angelim da mata	<i>Hymenolobium petraeum</i> Ducke	Fabaceae	0,59	8
5	Aroeira	<i>Astronium lecointei</i> Ducke	Anacardiaceae	0,81	23
6	Bálsamo	<i>Myroxylon balsamum</i> (L.) Harms	Fabaceae	0,78	31
7	Breu vermelho	<i>Tetragastris panamensis</i> (Engl.) Kuntze.	Burseraceae	0,77	21
8	Canelão	<i>Aniba canelilla</i> (H. B. K.) Mez.	Lauraceae	0,92	4
9	Castanheira	<i>Bertholletia excelsa</i> Bonpl.	Lecythidaceae	0,63	4
10	Cedro rosa	<i>Cedrela odorata</i> L.	Meliaceae	0,44	20
11	Cerejeira	<i>Amburana acreana</i> (Ducke) A.C.Sm.	Fabaceae	0,47	24
12	Copaíba I	<i>Copaifera duckei</i> Dwyer	Fabaceae	0,62	4
13	Copaíba II	<i>Copaifera multijuga</i> Hayne	Fabaceae	0,50	4
14	Copaíba III	<i>Copaifera reticulata</i> Ducke	Fabaceae	0,62	4
15	Cumaru cetim	<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F.Macbr.	Fabaceae	0,98	12
16	Cumaru ferro	<i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd.	Fabaceae	0,91	4
17	Fava	<i>Enterolobium</i>	Fabaceae	0,69	4

	orelhinha	<i>schomburgkii</i> (Benth.) Benth.			
18	Freijó	<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arráb. ex Steud.	Boraginaceae	0,80	9
19	Guaribeiro	<i>Barnebydendron</i> <i>riedelii</i> (Tul.) J.H.Kirkbr.	Fabaceae	0,54	16
20	Guariúba	<i>Clarisia racemosa</i> Ruiz & Pav.	Moraceae	0,60	10
21	Imbiridiba amarela	<i>Terminalia amazonia</i> (J.F.Gmel.) Exell	Combretaceae	0,80	4
22	Ipê roxo	<i>Handroanthus</i> <i>serratifolius</i> (Vahl) S.Grose	Bignoniaceae	0,89	20
23	Jutaí	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Fabaceae	0,80	13
24	Louro itaúba	<i>Nectandra</i> sp.	Lauraceae	0,55	10
25	Maçaranduba I	<i>Manilkara huberi</i> (Ducke) A.Chev.	Sapotaceae	0,87	29
26	Maçaranduba II	<i>Manilkara bidentata</i> (A.DC.) A.Chev.	Sapotaceae	0,83	4
27	Manitê	<i>Brosimum alicastrum</i> Sw.	Moraceae	0,74	16
28	Marupá preto	<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D.Don	Bignoniaceae	0,31	4
29	Matamatá	<i>Allantoma</i> sp.	Lecythidaceae	0,63	16
30	Mulateiro	<i>Calycophyllum</i> <i>spruceanum</i> (Benth.) K.Schum.	Rubiaceae	0,85	5
31	Mulungu duro	<i>Erythrina poeppigiana</i> (Walp.) O.F.Cook	Fabaceae	0,22	14
32	Pororoca	<i>Dialium guianense</i> (Aubl.) Sandwith	Fabaceae	0,88	22

33	Samaúma	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	Malvaceae	0,29	8
34	Sucupira preta	<i>Diploptropis purpurea</i> (Rich.) Amshoff	Fabaceae	0,78	4
35	Tauari	<i>Couratari pulchra</i> Sandwith	Lecythidaceae	0,50	20
36	Violeta	<i>Martiodendron elatum</i> (Ducke) Gleason	Fabaceae	0,86	25

3.4. AVALIAÇÃO DA DEGRADAÇÃO BIOLÓGICA

3.4.1 MICRÓBIOTA FÚNGICA

Ao todo foram realizadas 11 avaliações de campo no período de 2015-2022. Para as avaliações de campo, as amostras foram retiradas do solo com um leve impacto para verificação do estado físico e submetidas as análises laboratoriais.

Para as análises foram coletados os fungos visíveis a olho nu, sendo observada a coloração dos fungos nas estacas de madeira. Paralelamente para cada estaca individualmente foram registradas rachaduras, furos, quebra e o grau de degradação, quando ocorriam.

Em campo os fungos ocorrentes nas estacas foram registrados nas respectivas estacas e coletados e posteriormente levados ao Laboratório de Fitopatologia da Embrapa Acre para isolamento, cultivo e conservação (Figura 2).

O material era coletado com o auxílio da pinça e do bisturi flambado. Foi feita uma raspagem superficial na peça e inseria-se o conteúdo em uma placa de Petri, onde era devidamente fechada com papel filme PVC. No laboratório as amostras foram submetidas a uma desinfecção superficial, os fragmentos foram inseridos em álcool 70% por um minuto, depois em NaOH a 2% por 3 minutos e retirado o excesso em água destilada estéril. Após essa etapa, o material foi levado à câmara de fluxo laminar e plaqueado.

Os fragmentos fúngicos foram inseridos em placas de Petri contendo meio de cultura ágar-água e após 7 dias era possível observado as estruturas visando a identificação. Posteriormente as placas foram posicionadas na lupa e após uma observação superficial e cautelosa, parte do micélio e possíveis estruturas reprodutivas foram levadas a uma lâmina com corante azul de algodão.



FIGURA 2 – Aspecto da avaliação de campo das estacas implantadas no campo de apodrecimento.
Fonte: Autora

Algumas estruturas necessitavam serem maceradas, raspadas ou cortadas. Após o procedimento necessário para cada fungo a lâmina era analisado em lâminulas possibilitando a visualização em microscópio ótico com lentes de 4x, 10x, 20x e 40x conforme Figura 3. Todos os procedimentos anteriores a identificação prévia dos fungos foram realizados no Laboratório de Fitopatologia da Embrapa Acre. As avaliações da ocorrência de fungos no experimento foram realizadas trimestralmente, totalizando 10 avaliações durante o período do estudo.



FIGURA 3 – Metodologia usada na identificação dos fungos no Laboratório de Fitopatologia da Embrapa Acre e os equipamentos Lupa e Microscópio utilizados para observação fungos.
Fonte: Autora

Para a identificação das espécies de ascomicetos foram consideradas as características morfológicas dos fungos como: a. característica do micélio, b. cor das hifas, c. forma de estruturas de reprodução incluindo a forma dos esporos. A partir destas informações a identificação dos fungos foram realizadas, tendo como base chaves de identificação e consulta a literatura especializada. Todos os fungos foram fotografados e suas informações unitárias foram postas em planilhas formato Excel.

Uma parte dos fungos isolados em campo foram identificados no Laboratório de Fitopatologia da Embrapa Acre. Uma outra parte das amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Micologia da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, para confirmação dos fungos encontrados e identificação daqueles com gêneros desconhecidos, notadamente, os basidiomicetos.

Os exemplares de basidiocarpos coletados foram individualmente acondicionados em sacos de papel registrando-se: data da coleta, tipo da madeira, número de coleta e cor do basidiocarpo. Em laboratório as amostras foram desidratadas em estufa à temperatura aproximada de 50°C, e posteriormente acondicionadas em caixas de papelão com naftalina. Os espécimes foram analisados macro e microscopicamente e adicionados no Laboratório de Fitopatologia da Embrapa Acre.

A descrição dos macrofungos se restringiu apenas a parte visível a olho nu. As características dos fungos descritas foram: píleo, lâmina, haste e alguma característica singular.

A cor, a forma, tamanho, modo de fixação, rigidez de cada fungo foram descritas. Algumas amostras foram realizadas a impressão de esporos, o píleo do fungo era posicionado em uma folha de papel, algumas gotas de água destilada foram respingadas no fungo e após 48 horas obtinha-se a impressão.

3.4.2 OCORRÊNCIA DE CUPINS

O experimento avaliado da ocorrência de espécies de cupins fez parte do mesmo projeto intitulado “Durabilidade natural de espécies florestais madeireiras amazônicas ocorrentes no Acre” da Embrapa – Acre. As avaliações da ocorrência de cupim foram realizadas trimestralmente, totalizando 10 avaliações durante o período do estudo. Com objetivo de causar o menor número de remoção das estacas as avaliações de cupins e fungos no campo foram realizadas simultaneamente. Para a realização das avaliações, os corpos de prova eram desenterrados, e assim era avaliada a presença ou não de organismos xilófagos nas partes subterrânea e aérea de cada um dos corpos de prova.

3.4.3 AVALIAÇÃO DO GRAU DE DEGRADAÇÃO DE ESPÉCIES DO EXPERIMENTO

As avaliações do grau de degradação de espécies madeiras testadas no experimento foram realizadas através da inspeção visual e tátil. Essas avaliações foram realizadas após a implantação do campo de apodrecimento adotando a metodologia proposta por Lepage (1970). Nas avaliações foram atribuídas notas individuais das estacas conforme a percentagem de degradação visual apresentada para cada estaca no campo conforme Quadro 02.

Quadro 2 – Quadro para avaliação da degradação da madeira com notas de Lepage.

Estado	Nota	Índice de preservação em %
Sadio, nenhum ataque	0	100
Ataque leve ou superficial de fungos e cupins	1	90
Ataque evidente, mas moderado de fungos e cupins	2	70
Apodrecimento intenso ou ataque intenso de cupins	3	40
Quebra, perda quase total de resistência	4	0

Fonte: Lepage (1970), adaptado pela autora

3.5. ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS DO EXPERIMENTO

Para análise estatística, as avaliações geraram um banco de dados em planilha Excel onde foram tabulados dados de ocorrência dos fungos e as madeiras atacadas. A incidência dos fungos e sua distribuição ao longo das avaliações de campo gerou um gráfico que demonstrou a incidência dos fungos manchadores e basidiomicetos xilófagos e sua distribuição ao longo das avaliações de campo.

Para a análise de ocorrência de fungos nas estacas visando a obtenção de agrupamentos, os dados da incidência dos fungos por espécie foram submetidos a uma análise de dissimilaridade (distância euclidiana). O agrupamento foi realizado pela determinação da incidência dos fungos encontrados nas amostras de madeiras, aplicando a técnica de análise multivariada, com o software Statistica 7.0.

Em seguida, os dados foram submetidos ao processo de estandarização, pela divisão dos valores de cada variável pelo valor do desvio padrão no conjunto de todas as amostras analisadas, retirando-se o efeito das diferenças de unidades das variáveis (Reis e Ribeiro JR., 2010). Os resultados das avaliações de campo utilizadas para identificação dos fungos foram

também utilizados nas análises estatísticas multivariadas para a elaboração do dendrograma de dissimilaridade (distância euclidiana).

A análise estatística para total de fungos, foi realizada considerando a soma das ocorrências dos fungos, e foi ajustado um modelo linear generalizado com distribuição Poisson e função de ligação logarítmica (Nelder e Wedderburn, 1972), considerando como fatores o tipo de madeira e a total de ocorrência de cupins. Foi utilizado o procedimento genmod (do Programa estatístico SAS – Free Statistical Statistical Software, SAS University Edition e para comparações entre tratamentos foi utilizado o teste de Tukey-Kramer (Westfall, *et al.*, 1999). A qualidade de ajuste dos modelos foi feita através da análise de desvios (deviance), gráficos dos resíduos de Pearson padronizados.

Para a análise da proporção de ocorrência de fungos, foi ajustado um modelo linear generalizado com distribuição binomial e função de ligação logit (Nelder e Wedderburn, 1972), considerando como fatores o tipo de madeira e o gênero do fungo. Foi utilizado o procedimento genmod do Programa estatístico SAS – Free Statistical Statistical Software, SAS University Edition e para comparações entre tratamentos foi utilizado foi o teste de Tukey-Kramer (Westfall, *et al.*, 1999). A qualidade de ajuste dos modelos foi feita através da análise de desvios (deviance), gráficos dos resíduos de Pearson padronizados.

Para verificar existência de dependência temporal das proporções de ocorrência de fungos no tempo, foram ajustados modelos de regressão linear simples utilizando o procedimento autoreg do Programa estatístico SAS – Free Statistical Statistical Software, SAS University Edition, com a opção de cálculo da estatística de Durbin-Watson.

Para a análise das notas de Lepage, foi ajustado um modelo linear generalizado com distribuição Poisson e função de ligação logarítmica (Nelder e Wedderburn, 1972), considerando como fatores o tipo de madeira. Foi utilizado o procedimento genmod do Programa estatístico SAS – Free Statistical Statistical Software, SAS University Edition e para comparações entre tratamentos foi utilizado foi o teste de Tukey-Kramer (Westfall, *et al.*, 1999).

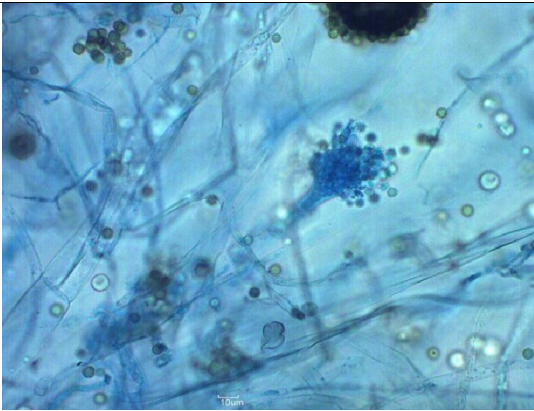
A qualidade de ajuste dos modelos foi feita através da análise de desvios (deviance), gráficos dos resíduos de Pearson padronizados. As espécies de madeira cujas as notas foram constantes, desvio padrão nulo, não foram incluídas nas análises. Foram também obtidas as correlações de Spearman entre notas de Lepage e as variáveis massa específica e total de fungos. Foram obtidos os percentuais de degradação das estacas com base nas notas de Lepage segundo espécies de madeira.

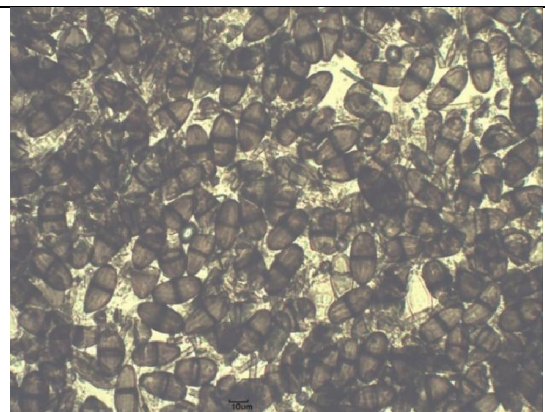
4. RESULTADOS

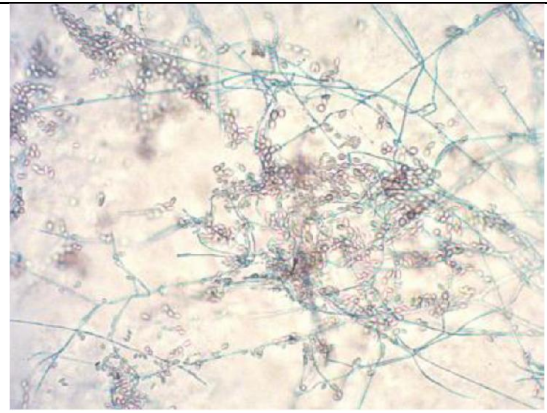
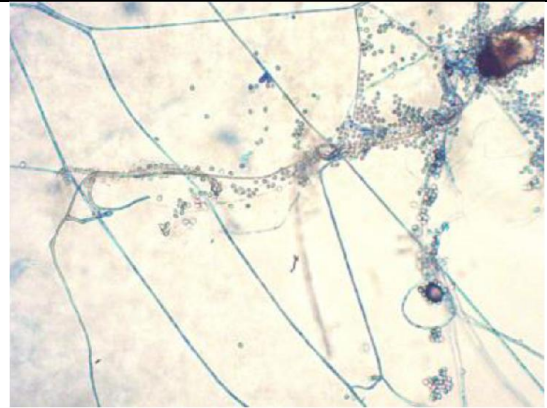
4.1 IDENTIFICAÇÃO TAXONÔMICA DOS FUNGOS ENCONTRADOS NAS MADEIRAS

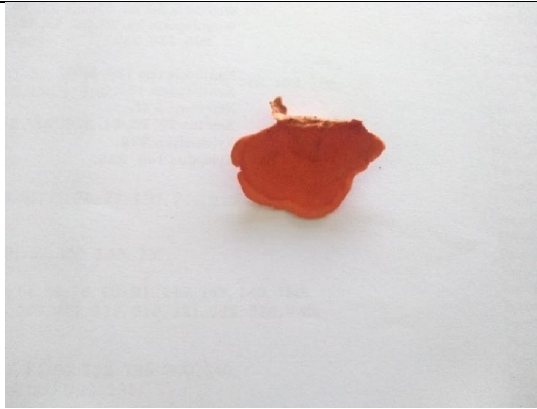
Foram identificadas a nível de gênero os fungos: *Aspergillus* sp, *Fusarium* sp, *Penicillium* sp, *Trichoderma* sp, *Nigospora* sp, *Lasiodiplodia* sp, *Cladosporium* sp, *Curvularia* sp, *Trametes* sp e *Picnoporus* sp. e a nível de espécies foram: *Gloeophyllum striatum*, *Hexagonia hidinoide*, *Datronia scutellata*. No Quadro 3 pode-se observar todos os fungos encontrados nas estacas de madeira do experimento.

Quadro 3 – todos os fungos encontrados nas estacas de madeira do experimento.

Lista dos fungos encontrados nas madeiras	Imagens
<i>Aspergillus</i> sp	
<i>Fusarium</i> sp	

Penicillium sp*Trichoderma* sp*Nigrospora* sp*Lasioidiploidia* sp

Cladosporium sp*Curvularia* sp*Gloeophyllum striatum**Hexagonia hidinoide*

<i>Datronia scutellata</i>	
<i>Trametes</i> sp	
<i>Pycnoporus</i> sp	

Com a identificação das espécimes da flora fúngica foi possível registrar a ocorrência dos fungos e a sua distribuição ao longo das avaliações de campo que estão demonstradas na Figura 4.

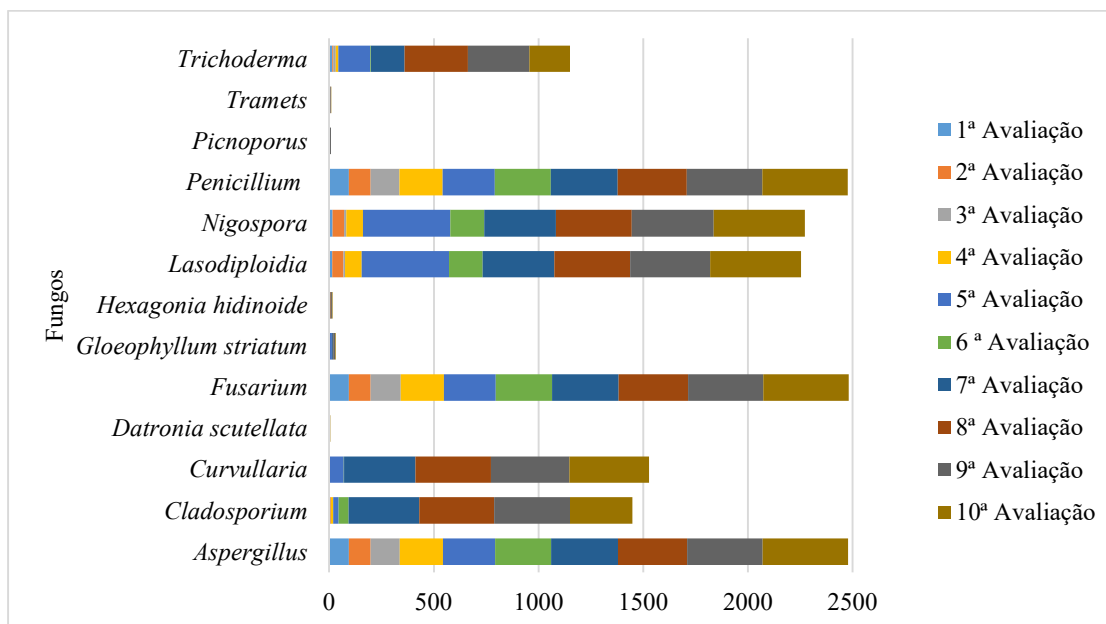


Figura 4- Incidência dos fungos e sua distribuição ao longo das avaliações de campo

Ainda com os resultados levantados na presente pesquisa foi possível realizar o agrupados dos fungos por meio de suas similaridades, conforme dendrograma da figura 5 abaixo.

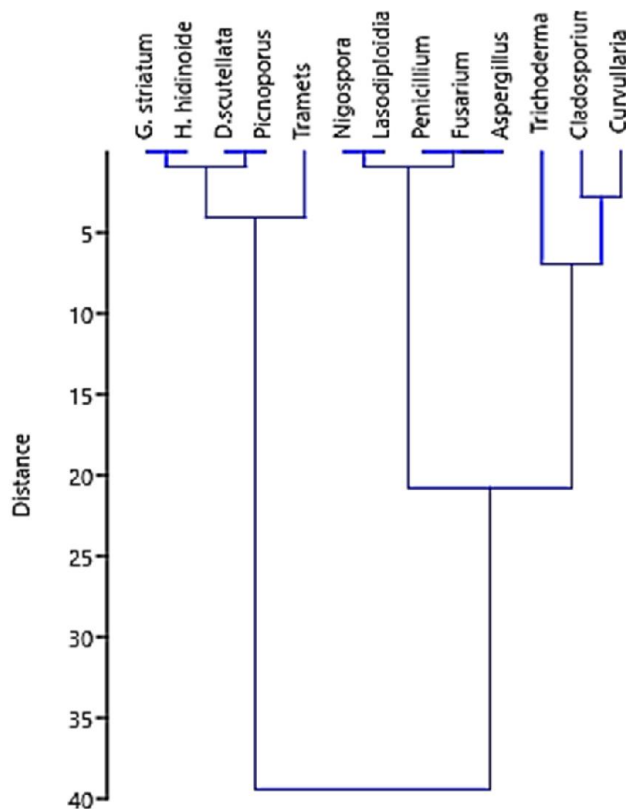


FIGURA 5 - Dendrograma obtido pela análise de agrupamento verificado nas médias de infestação dos fungos da distância euclidiana.

Com a análise de agrupamento verificado nas médias de infestação dos fungos da distância euclidiana foi possível realizar a formação dos grupos que se encontram dispostos no quadro 4 abaixo.

Quadro 4 – Formação de grupos de por meio de suas similaridades.

	Variável	Média	Desvio padrão
GRUPO 1	<i>Datronia scutellata</i>	0,17647	0,52052
	<i>Trametes sp</i>	0,26471	0,66555
	<i>Picnoporus sp</i>	0,26471	0,70962
	<i>Hexagonia hidinoide</i>	0,50000	1,44075
	<i>Gloeophyllum striatum</i>	0,94118	2,94332
GRUPO 2	<i>Trichoderma sp</i>	33,85294	26,18365
	<i>Cladosporium sp</i>	42,50000	33,69313
	<i>Curvullaria sp</i>	44,85294	35,56397
GRUPO 3	<i>Lasiodiplodia sp</i>	66,23529	48,34288
	<i>Nigospora sp</i>	66,73529	48,87852
	<i>Aspergillus sp</i>	72,79412	54,77988
	<i>Penicillium sp</i>	72,82353	54,82892
	<i>Fusarium sp</i>	72,97059	54,93935

4.2 MÉDIA TOTAL DE FUNGOS

Foi realizado o ajuste do modelo linear generalizado com distribuição Poisson e função de ligação logarítmica para a média total de fungos em estacas de madeira, considerando como fatores principais a espécie de madeira e ocorrência de cupins. Abaixo podemos observar na figura 6 a média total de fungos nas estacas de madeira do experimento.

Efeitos fixos	valores-p (a)	Resíduos padronizados e desvios por graus de liberdade (b)
madeira	<0,0001	

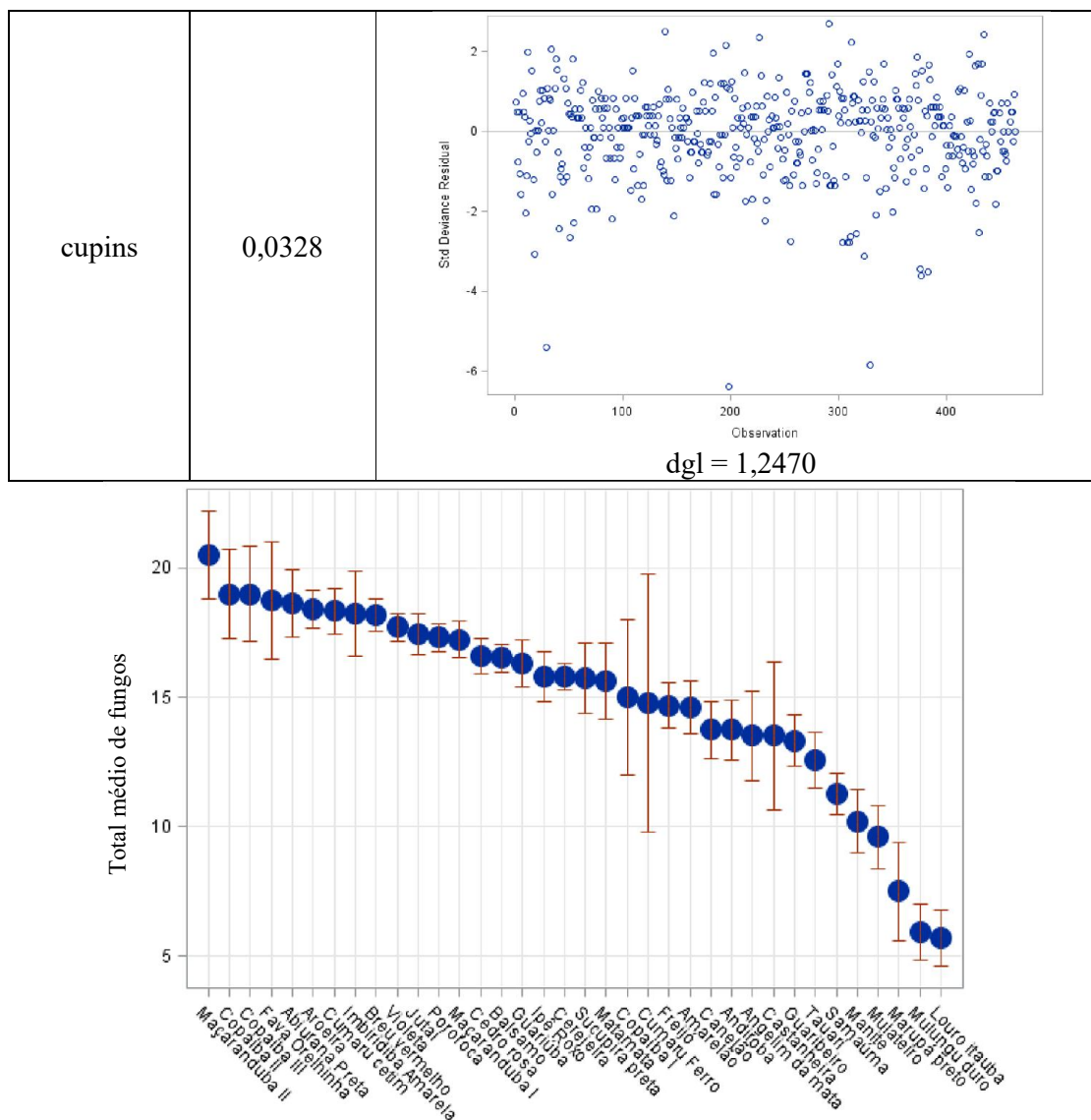


Figura 6 – Ajuste do modelo linear generalizado com distribuição Poisson e função de ligação logarítmica para a média total de fungos em estacas de madeira, considerando como fatores principais a espécie de madeira e ocorrência de cupins.

No Quadro 05 abaixo pode-se observar a distribuição da média total de fungos detalhada para todas as espécies do experimento.

Quadro 05 – Médias do total de fungos em estacas de madeira seguidos do erro padrão da média (epm) entre parêntesis, referente ao ajuste do modelo linear generalizado com distribuição Poisson e função de ligação logarítmica para o total de fungos em estacas de madeira, considerando como fatores principais a espécie da madeira e ocorrência de cupins.

Espécie	médias do total de fungos (epm)						
Maçaranduba II	20,50 (1,71)	a					
Copaíba II	19,00 (1,73)	a	b				
Copaíba III	19,00 (1,87)	a	b				
Fava Orelhinha	18,75 (2,25)	a	b				

Abiurana Preta	18,63 (1,32)	a	b				
Aroeira	18,39 (0,74)	a	b				
Cumaru cetim	18,33 (0,86)	a	b				
Imbiridiba Amarela	18,25 (1,65)	a	b				
Breu vermelho	18,19 (0,63)	a	b				
Violeta	17,72 (0,54)	a	b				
Jutaí	17,46 (0,79)	a	b				
Pororoca	17,32 (0,54)	a	b				
Maçaranduba I	17,24 (0,70)	a	b				
Cedro rosa	16,60 (0,68)	a	b				
Balsamo	16,52 (0,55)	a	b				
Guariúba	16,30 (0,90)	a	b				
Ipê Roxo	15,80 (0,95)	a	b				
Cerejeira	15,79 (0,52)	a	b				
Sucupira preta	15,75 (1,38)	a	b	c			
Matamata	15,63 (1,47)	a	b	c	d		
Copaíba I	15,00 (3,00)	a	b	c	d	e	
Cumaru Ferro	14,75 (4,99)	a	b	c	d	e	
Freijó	14,67 (0,88)	a	b	c	d	e	
Amarelão	14,61 (1,02)	a	b	c	d	e	
Canelão	13,75 (1,11)	a	b	c	d	e	
Andiroba	13,73 (1,15)	a	b	c	d	e	
Angelim da mata	13,50 (1,72)	a	b	c	d	e	
Castanheira	13,50 (2,84)	a	b	c	d	e	
Guaribeiro	13,31 (0,99)	a	b	c	d	e	
Tauari	12,55 (1,07)		b	c	d	e	
Samaúma	11,25 (0,77)		b	c	d	e	
Manite	10,19 (1,22)			c	d	e	
Mulateiro	9,60 (1,21)				d	e	f
Marupá preto	7,50 (1,89)					e	f
Mulungu duro	5,93 (1,06)						f
Louro itauba	5,70 (1,10)						f

Médias de produção seguidas de mesma letra minúsculas, não diferem pelo Teste de Tukey–Kramer ($p < 0,05$).

4.3 PROPORÇÃO DE OCORRÊNCIA DE FUNGOS

Foram realizados testes de autocorrelação de Durbin-Watson das observações no tempo. Para os ajustes nos modelos de regressão para cada espécie, os valores das estatísticas de Durbin-Watson, inferiram que ocorreu uma variação entre 2,04 e 2,91, indicando a não existência de autocorrelação das observações no tempo.

Já para a correlação de Spearman também realizado, entre a proporção de ocorrência de fungos e o tempo, para todas as espécies de madeira, foi de 58,97% (valor- $p < 0,0001$).

No quadro 06 são apresentadas as correlações de Spearman entre a proporção de ocorrência de fungos e o tempo, para cada uma das espécies de madeira.

Quadro 06 – Correlação de Spearman entre a proporção de ocorrência de fungos e o tempo e valor-p do teste de hipóteses H_0 : correlação = 0 vs H_1 : correlação $\neq$ 0.

no.	Madeira	Correlação de Spearman (%)	valor-p
1	Abiurana Preta	54,08	< 0,0001
2	Amarelão	72,49	< 0,0001
3	Andiroba	58,33	< 0,0001
4	Angelim da mata	75,37	< 0,0001
5	Aroeira	58,86	< 0,0001
6	Balsamo	66,36	< 0,0001
7	Breu vermelho	63,74	< 0,0001
8	Canelão	40,85	< 0,0001
9	Castanheira	59,20	< 0,0001
10	Cedro rosa	60,30	< 0,0001
11	Cerejeira	68,95	< 0,0001
12	Copaíba I	51,59	< 0,0001
13	Copaíba II	58,08	< 0,0001
14	Copaíba III	64,66	< 0,0001
15	Cumaru Ferro	50,44	< 0,0001
16	Cumaru cetim	60,70	< 0,0001
17	Fava Orelhinha	49,22	< 0,0001
18	Freijó	69,13	< 0,0001
19	Guaribeiro	45,80	< 0,0001
20	Guariúba	64,76	< 0,0001
21	Imbiridiba Amarela	62,64	< 0,0001
22	Ipê Roxo	67,13	< 0,0001
23	Jutaí	67,75	< 0,0001
24	Louro itauba	27,53	< 0,0001
25	Manite	34,81	< 0,0001
26	Marupá preto	69,73	< 0,0001
27	Matamata	55,19	< 0,0001
28	Maçaranduba I	56,92	< 0,0001
29	Maçaranduba II	50,48	< 0,0001
30	Mulateiro	54,92	< 0,0001
31	Mulungu duro	53,90	< 0,0001
32	Pororoca	62,49	< 0,0001
33	Samaúma	41,35	< 0,0001
34	Sucupira preta	62,79	< 0,0001
35	Tauari	54,36	< 0,0001
36	Violeta	65,47	< 0,0001

Na figura 7 são apresentados os ajustes do modelo linear generalizado com distribuição binomial e função de ligação logit para a proporção média de fungos em estacas de madeira, considerando como fatores principais a espécie de madeira e gênero do fungo.

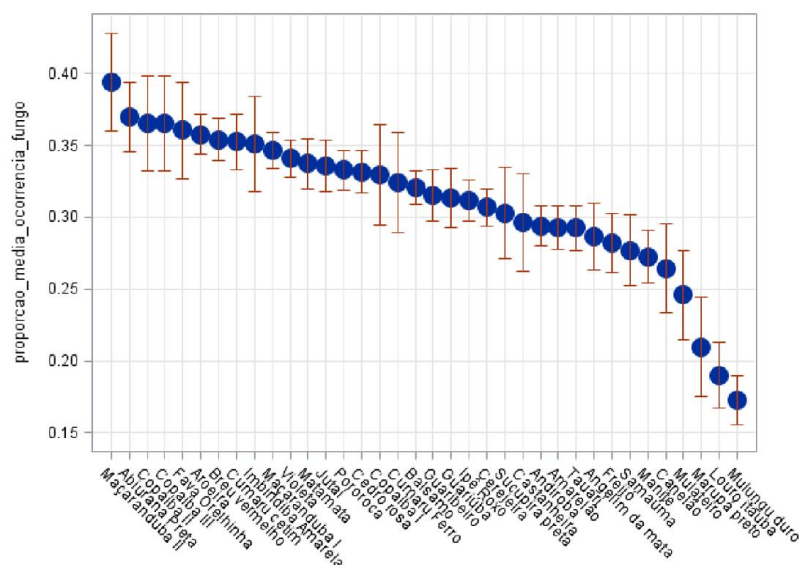
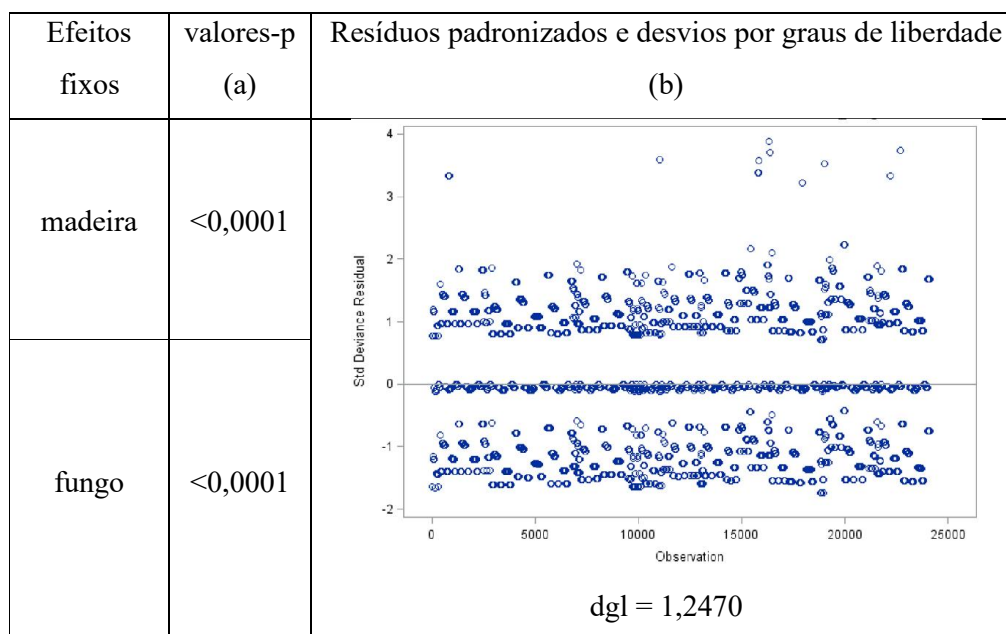


Figura 07 – Ajuste do modelo linear generalizado com distribuição binomial e função de ligação logit para a proporção média de fungos em estacas de madeira, considerando como fatores principais a espécie de madeira e gênero do fungo. a) significância dos fatores principais; (b) qualidade de ajuste: resíduos padronizados de Pearson e desvios por graus de liberdade (dgl) (c) comparação das médias totais de fungos, segundo espécie de madeira (Teste de Tukey-Kramer).

No quadro abaixo apresenta a proporção de ocorrência de fungos nas estacas das madeiras do experimento, com o detalhamento dos erros padrão médios, realizado com o ajuste do modelo linear generalizado com distribuição binomial e função de ligação logit, considerando como fatores principais a espécies de madeira e gênero de fungos.

Quadro 07 – Proporção média de fungos em estacas de madeira seguidos do erro padrão da média (epm) entre parêntesis, referente ao ajuste do modelo linear generalizado com distribuição binomial e função de ligação logit, considerando como fatores principais a espécies de madeira e gênero de fungos.

Madeira	Proporção média de ocorrência de fungos					
Maçaranduba II	0,3942 (0,0340)	a				
Abiurana Preta	0,3697 (0,0241)	a	b			
Copaíba II	0,3654 (0,0335)	a	b	c		
Copaíba III	0,3654 (0,0335)	a	b	c		
Fava Orelhinha	0,3606 (0,0334)	a	b	c		
Aroeira	0,3576 (0,0139)	a	b	c		
Breu vermelho	0,3540 (0,0146)	a	b	c		
Cumaru cetim	0,3526 (0,0191)	a	b	c		
Imbiridiba Amarela	0,3510 (0,0332)	a	b	c		
Maçaranduba I	0,3465 (0,0125)	a	b	c		
Violeta	0,3408 (0,0132)	a	b	c		
Matamata	0,3374 (0,0174)	a	b	c		
Jutaí	0,3358 (0,0182)	a	b	c		
Pororoca	0,3330 (0,0139)	a	b	c		
Cedro rosa	0,3317 (0,0149)	a	b	c		
Copaíba I	0,3297 (0,0349)	a	b	c		
Cumaru Ferro	0,3242 (0,0348)	a	b	c		
Balsamo	0,3202 (0,0117)	a	b	c		
Guaribeiro	0,3151 (0,0179)	a	b	c		
Guariúba	0,3135 (0,0204)	a	b	c		
Ipê Roxo	0,3116 (0,0146)	a	b	c		
Cerejeira	0,3069 (0,0131)	a	b	c		
Sucupira preta	0,3029 (0,0319)	a	b	c		
Castanheira	0,2967 (0,0340)	a	b	c		
Andiroba	0,2941 (0,0142)	a	b	c		
Amarelão	0,2932 (0,0152)	a	b	c		
Tauari	0,2925 (0,0155)	a	b	c		
Angelim da mata	0,2865 (0,0233)	a	b	c	d	
Freijó	0,2821 (0,0208)	a	b	c	d	
Samaúma	0,2769 (0,0249)	a	b	c	d	
Manite	0,2726 (0,0182)	a	b	c	d	
Canelão	0,2644 (0,0307)	a	b	c	d	
Mulateiro	0,2462 (0,0309)		b	c	d	e
Marupá preto	0,2098 (0,0342)			c	d	e
Louro itauba	0,1900 (0,0227)				d	e
Mulungu duro	0,1726 (0,0172)					e

Médias de produção seguidas de mesma letra minúsculas, não diferem pelo Teste de Tukey–Kramer ($p < 0,05$).

4.4 PROPORÇÃO DE OCORRÊNCIA DE CUPIM

Nas espécies madeiras infestadas por cupins no campo de apodrecimento, a ocorrência desse cupim variou de: 29 a 49 incidências durante todo o experimento. Na primeira avaliação do experimento foram atacadas 18 espécies do experimento. Sendo um total de 29 ataques.



Figura 08 – Ocorrência de cupins em corpos de provas

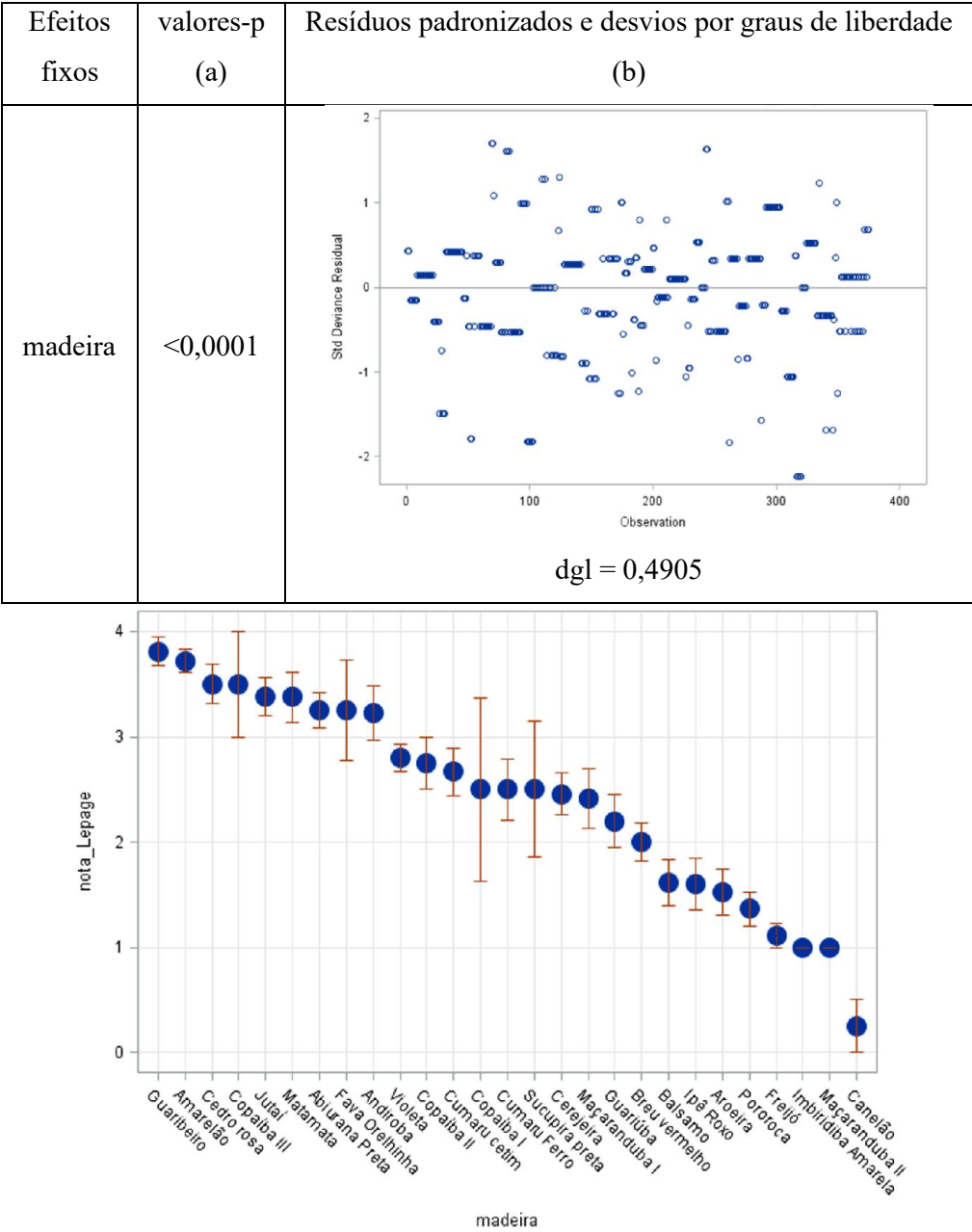
Nas avaliações realizadas para quantificação de cupins no período do experimento, a espécie madeireira mais atacada por térmitas foi a Violeta e as que obtiveram o menor número de ataques, foram a maçaranduba II e mulateiro. As espécies canelão (*Aniba canelilla*), freijó (*Cordia trichotoma*) e a imbiridiba-amarela (*Terminalia amazonica*) não foram infestadas por cupins durante todo o processo.

4.5 AVALIAÇÃO DA DURABILIDADE DE ESPÉCIES DO EXPERIMENTO

Foi ajustado um modelo linear generalizado com distribuição Poisson e função de ligação logarítmica e com dados da incidência de cada espécie de fungo e as avaliações do grau de degradação das estacas de madeira no campo registradas pelo método de Lepage. Na figura 09 demonstra o modelo linear generalizado com distribuição Poisson e função de ligação

logarítmica para as notas médias de Lepage em estacas de madeira, considerando como fatores principais a espécie de madeira.

Figura 09 – Ajuste do modelo linear generalizado com distribuição Poisson e função de ligação logarítmica para as notas médias de Lepage em estacas de madeira, considerando como fatores principais a espécie de madeira. a) significância dos fatores principais; (b) qualidade de ajuste: resíduos padronizados de Pearson e desvios por graus de liberdade (dgl) (c) comparação das médias totais de fungos, segundo espécie de madeira (Teste de Tukey-Kramer).



No quadro abaixo, usando os dados das notas atribuídas as estacas, estão dispostas as notas médias de Lepage obtidas para todos o experimento.

Quadro 08 – Notas médias de Lepage em estacas de madeira, considerando como fator a espécie de madeira, seguidos do erro padrão da média (epm) entre parêntesis, referente ao ajuste modelo linear generalizado com distribuição Poisson e função de ligação logarítmica.

Madeira	Número de observações	Notas médias de Lepage (epm)						
Guaribei	16	3,81 (0,14)	a					
Amarelão	18	3,72 (0,11)	a					
Cedro rosa	20	3,50 (0,18)	a					
Copaíba III	4	3,50 (0,50)	a	b				
Jutaí	13	3,38 (0,18)	a	b				
Matamata	16	3,38 (0,24)	a	b				
Abiurana Preta	8	3,25 (0,16)	a	b				
Fava Orelhinha	4	3,25 (0,48)	a	b	c			
Andiroba	22	3,23 (0,25)	a	b	c			
Violeta	25	2,80 (0,13)	a	b	c			
Copaíba II	4	2,75 (0,25)	a	b	c	d		
Cumaru cetim	12	2,67 (0,22)	a	b	c	d		
Copaíba I	4	2,50 (0,87)	a	b	c	d	e	
Cumaru Ferro	4	2,50 (0,29)	a	b	c	d	e	
Sucupira preta	4	2,50 (0,65)	a	b	c	d	e	
Cerejeira	24	2,46 (0,20)		b	c	d	e	
Maçaranduba I	29	2,41 (0,29)		b	c	d	e	
Guariúba	10	2,20 (0,25)		b	c	d	e	
Breu vermelho	21	2,00 (0,18)		b	c	d	e	
Balsamo	31	1,61 (0,22)			c	d	e	f
Ipê Roxo	20	1,60 (0,24)				d	e	f
Aroeira	23	1,52 (0,22)				d	e	f
Pororoca	22	1,36 (0,15)					e	f
Freijó	9	1,11 (0,11)					e	f
Imbiridiba Amarela	4	1,00 (0,00)					e	f
Maçaranduba II	4	1,00 (0,00)					e	f
Canelão	4	0,25 (0,25)						f

Médias de notas de Lepage seguidas de mesma letra não diferem pelo Teste de Tukey–Kramer ($p < 0,05$).

Fonte: Autora

Diante do exposto foi feito uma correlação de ataque de fungos e densidade da madeira. Essa correlação pode ser observada na figura abaixo.

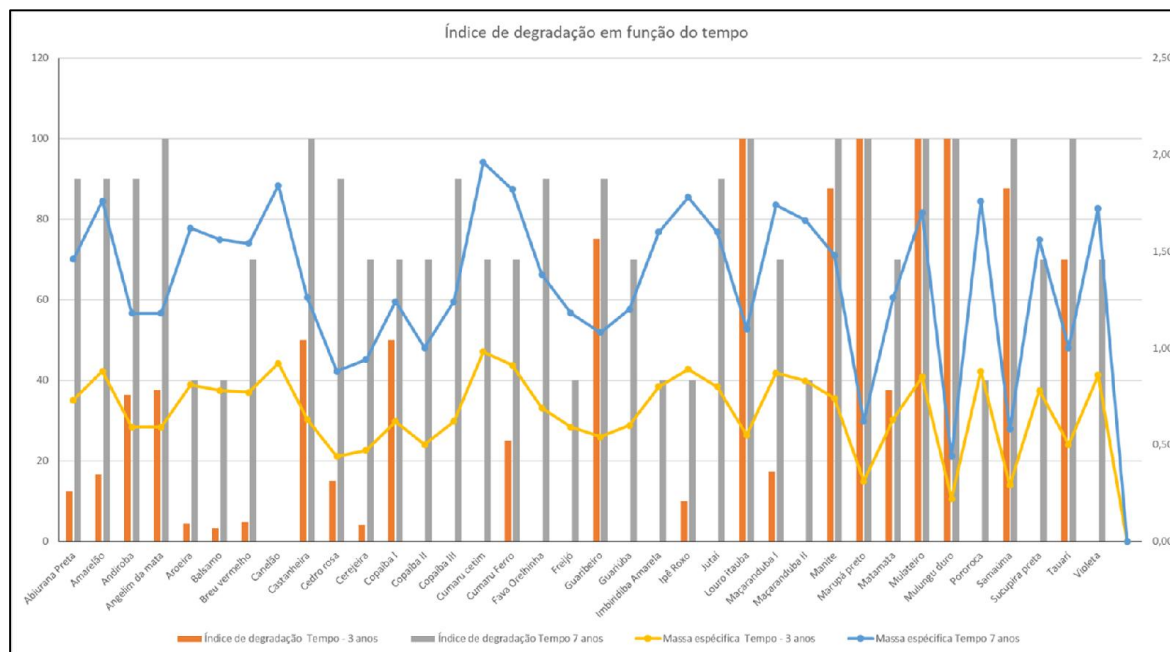


Figura 12 – Massa específica das espécies x índice de degradação das espécies

A figura 12 demonstra os índices de degradação de todas as espécies do experimento ao longo dos 3 e 7 anos com as perdas acumuladas nos períodos analisados para cada espécie do experimento.

5. DISCUSSÃO

O presente estudo avaliou a incidência de fungos em madeiras amazônicas em função da degradação em campo de apodrecimento. Nesta pesquisa foram identificados 13 gêneros de fungos, sendo eles: *Aspergillus* sp, *Fusarium* sp, *Penicillium* sp, *Trichoderma* sp, *Nigospora* sp, *Lasiodiplodia* sp, *Cladosporium* sp, *Curvularia* sp, *Gloeophyllum striatum*, *Hexagonia hidinoide*, *Datronia scutellata*, *Trametes* sp e *Picnoporus* sp. Foram classificados com fungos xilófagos oito gêneros de fungos ocorrentes nas espécies madeireiras, sendo classificados como manchadores ou emboloradores: *Aspergillus* sp, *Fusarium* sp, *Penicillium* sp, *Trichoderma* sp, *Nigospora* sp, *Lasiodiplodia* sp, *Cladosporium* sp e *Curvularia* sp e cinco gêneros de fungos foram classificados como apodrecedores que são: *Gloeophyllum striatum*, *Hexagonia hidinoide*, *Datronia scutellata*, *Trametes* sp e *Picnoporus* sp.

Com as avaliações de campo, foi possível observar a incidência dos fungos e a sua distribuição ao longo do tempo. Notadamente ocorreu um pico na diversidade fúngica logo no primeiro mês de instalação do experimento. Após 27 meses de instalação, notou-se um período inicial de colonização seguido por um período de interações cada vez mais competitivas, levando à diminuição da diversidade de fungos. A abundância de ordens fúngicas variou entre as espécies e tempo de exposição das mesmas (Figuras 7).

Os fungos detectados no experimento assemelham-se aos fungos manchadores encontrados por Saccoman *et al.* (2016), em estudo realizado em Alta Floresta - MT, em testes de madeira cerrada de Jatobá. Os autores relataram a ocorrência de 13 fungos sendo 6 deles de gêneros comuns identificados nessa pesquisa tais como: *Aspergillus* sp, *Cladosporium* sp, *Fusarium* sp, *Lasiodiplodia* sp, *Penicillium* sp e *Trichoderma* sp.

O gênero *Lasiodiplodia* sp foi o mais frequente associado às espécies madeireiras. Ele foi encontrado também por Furtado (2000), juntamente com o *Graphium* sp em amostras de madeiras sendo classificados como os responsáveis pelas manchas interna de madeiras inclusive de espécies amazônicas, como demonstrado nesse experimento. Canto *et al.* (2020), relataram em seu trabalho a ocorrência dos fungos *Curvularia* e *Cladosporium* sp atacando madeiras submersas em dois lagos da Amazônia situados no Pará entre outras 26 espécies fúngicas no trabalho.

No trabalho os fungos *Gloeophyllum striatum* e *Hexagonia hidinoide* foram encontrados nas estacas em maior ocorrência. Já os gêneros em baixa frequência foram: *Picnoporus* sp, *Trametes* sp e *Datronia* sp. Estes fungos são geralmente pertencentes à divisão *Basidiomycetes* que formam basidiocarpos e possuem habilidade de degradar a lignina.

Silva *et al* (2014), avaliou a resistência natural de espécies de madeira da Caatinga usando o método de teste laboratorial acelerado de resistência à deterioração de madeiras. Os fungos mais agressivos no referido trabalho foram *Postia placenta*, *Trametes* sp *versicolor* e *Gloeophyllum trabeum*. No experimento o fungo *Gloeophyllum trabeum*, dentro dos fungos considerados apodrecedores, foi o que teve maior ocorrência nas espécies do estudo.

A presença de fungos dos gêneros *Pycnoporus sanguineus*, *Hexagonia hydroides*, *Trametes* sp foram identificados na Bahia sendo coletados em povoamentos de eucalipto e apresentando maior densidade observada no período de inverno e em povoamentos de um a sete anos de idade (COSTA *et al.*, 2011). No trabalho observamos o comportamento similar do *Pycnoporus sanguineus*, *Hexagonia hydroides*, *Trametes* sp., que teve sua maior densidade no período do inverno Amazônico, que é entre novembro à maio.

Após a identificação de todos os fungos e a sua classificação entre apodrecedores e manchadores, foi possível observar a formação de grupos por similaridade. Ficou nítida a separação em três grupos que se dividem em um grupo composto apenas por fungos apodrecedores, que fazem parte dele: *Datronia scutellata*, *Trametes* sp, *Picnoporus* sp, *Hexagonia hidinoide*, *Gloeophyllum striatum*. e o segundo e terceiro, unicamente por fungos machadores, sendo eles: *Trichoderma* sp, *Cladosporium* sp, *Curvullaria* sp, *Lasiodiplodia* sp, *Nigospora* sp, *Aspergillus* sp, *Penicillium* sp e *Fusarium* sp. Esses gêneros identificados são comumente habitantes de solos de florestas, campos, solos arenosos ou áreas cultivadas (BORGES *et al.*, 2011).

O resultado do ajuste do modelo linear generalizado com distribuição Poisson e função de ligação logarítmica para a média total de fungos em estacas de madeira, considerando como fatores principais a espécie de madeira e ocorrência de cupins, apresentados na Figura 9, demonstraram um protótipo da situação em que um modelo de regressão linear foi adequado, observando-se que os resíduos se distribuem aleatoriamente em torno da média zero. Para a média total de fungos em estacas de madeira, podemos observar ainda que quanto mais aumenta a quantidade de amostras por espécies, maior é a ocorrência de fungos nas estacas.

Outro fator importante foi que a estimativa do parâmetro associado ao fator quantitativo número de cupins (valor-p=0,0328) na figura 9, foi negativa com o valor de $-0,0531$. Este valor estimado tem uma interpretação interessante: com o aumento de uma unidade no total de cupins, a média estimada do total de fungos diminui a uma taxa constante de $\exp(-0,0531) = 0,9483$, já que o modelo ajustado é, na verdade, não linear exponencial.

Corroborando com os resultados obtidos nesta pesquisa, Hyodo *et al.*, (2000) e Ohkuma (2003), afirmam que o papel dos fungos mutualísticos consiste em degradar a lignina e

aumentar a digestibilidade da celulose para os cupins, sugerindo a capacidade da associação cupins e fungos em fazer uso eficiente de material vegetal.

Os resultados inferem ainda que para espécie maçaranduba, que apresentou o erro padrão da média (epm) mais elevado, demonstrando que a precisão da estimativa da média da população com base na média da amostra é baixa. As espécies mulateiro, marupá preto, mulungu duro e louro itaúba não diferiram estatisticamente entre si. E foram as espécies que degradaram primeiro no experimento.

Para o modelo linear generalizado com distribuição Poisson e função de ligação logarítmica para a média total de fungos em estacas de madeira, considerando como fatores principais a espécie de madeira e ocorrência de cupins, podemos observar que quanto mais aumenta a quantidade de amostras por espécies, maior é a ocorrência de fungos nas estacas. Os resultados inferem que as espécies que obtiveram as maiores médias do total de incidência de fungos foi a espécie Maçaranduba II. E as espécies que apresentaram menor média de total de fungos foram a Mulateiro, Marupá Preto, Mulungu duro e louro Itaúba.

Para a proporção de ocorrência de fungos onde foi feito teste de autocorrelação de Durbin-Watson das observações no tempo, e após os ajustes dos modelos de regressão para cada espécie de madeira, os valores das estatísticas de Durbin-Watson variaram entre 2,04 e 2,91 indicando a não existência de autocorrelação das observações no tempo. Com isso, podemos observar que neste teste não há significância pelo teste Durbin-Watson.

Já para a correlação de Spearman entre a proporção de ocorrência de fungos e o tempo, para todas as espécies de madeira, foi de 58,97% (valor- $p < 0,0001$). Os resultados inferem que as correlações são fracas, mas essa relação é positiva. A espécie que apresentou maior valor de correlação foi o Angelim da mata, 75,40 % de Correlação de Spearman (%). E a que apresentou o valor mais baixo foi o Louro itaúba com 27,5 %. Os resultados implicam que com o aumento em uma variável, no caso tempo, implicará no aumento na variável fungos ou o inverso conforme Quadro 5.

Observa-se a similaridade das comparações estatísticas obtidas pelas duas técnicas de modelagens – o total de fungos (modelo Poisson) e a proporção de ocorrência de fungos (modelo binomial – regressão logística), principalmente nas últimas quatro espécies de madeira.

Nas avaliações realizadas para quantificação de cupins no período do experimento, a espécie madeireira mais atacada por térmitas foi a violeta e a menos atacada foi aroeira. As espécies canelão, freijó e a imbiridiba-amarela não foram infestadas por cupins. Essas espécies são classificadas como madeiras de alta massa específica, o que corrobora com a afirmação de Bodig e Jayne (1992), que dizem que com o aumento da densidade, proporcionalmente ocorre

o aumento da resistência da madeira. Corroborando Abreu e Silva (2000), notaram que os térmitas apresentam uma maior preferência por madeiras que apresentam menor massa específica, pela facilidade mecânica de fragmentá-las.

Nas correlações de Spearman para as notas de Lepage, total de fungos e massa específica, seguidos dos valores-p, foram, respectivamente: $-0,3950 (< 0,001)$ e $-0,3971 (< 0,001)$, portanto significativas, já que as hipóteses para a correlação são $H_0: \text{correlação} = 0$ vs $H_1: \text{correlação} \neq 0$.

Com os resultados pode-se inferir que se o total de fungos aumenta, a nota de Lepage aumenta, eles estão correlacionados. Se a massa específica aumenta as notas de Lepage diminuem. Então quanto maior a massa específica, mais difícil é a degradação das madeiras. A espécie canelão, é a única espécie que obteve a média mais baixa da nota de Lepage.

Após avaliação ao longo do 3º ano, pode-se observar que as espécies que obtiveram o maior índice de degradação foram o mulungu duro, louro Itaúba, mulateiro, marupá preto. As quatro espécies obtiveram perda de 100% das amostras em campo de apodrecimento ao final do terceiro ano do experimento. Enquanto algumas espécies não apresentaram degradação total ao final do terceiro ano, sendo elas: Violeta, Pororoca, Jutai, Cumaru cetim, Guariúba, Freijó, Canelão, Copaíba II, Copaíba III, Fava Orelhinha, Imbiridiba Amarela, Maçaranduba II e Sucupira preta demonstrado na Figuras 10.

As espécies que obtiveram notas médias de Lepage sem variabilidade, constantes e igual a 4,0 foram: Angelim do mato, Castanheira, louro itaúba, Manite, Marupá preto, Mulateiro, Mulungu duro, Samaúma, Tauari demonstrados na Figura 11. Nota-se ainda que as espécies que possuem massa específica mais elevadas, foram as espécies que obtiveram maior resistência à degradação em campo.

De acordo com a Figura 12, para a análise da degradação das estacas verificou-se que as espécies madeireiras pertencentes ao grupo de alta massa específica e que apresentam coloração mais escura apresentaram menor degradação biológica que são elas: O canelão, freijó e a imbiridiba-amarela.

Corroborando para tal afirmação, Paes *et al.*, (2007) ao testarem a resistência natural de sete espécies de madeiras a fungos xilófagos, chegaram à conclusão de que as madeiras de maior densidade foram as mais resistentes ao apodrecimento.

Hanada *et al.* (2003), estudaram o ataque de fungos em 12 espécies de madeira tropical. Eles observaram que as espécies de baixa densidade foram as que apresentaram uma maior diversidade e intensidade de fungos, principalmente emboloradores, como o que ocorreu no experimento.

6. CONCLUSÕES

Foram identificados 13 gêneros fúngicos ocorrendo nas madeiras em campo;

Foram classificados como manchadores, oito gêneros de fungos ocorrentes nas espécies madeiras sendo eles: *Aspergillus* sp, *Fusarium* sp, *Penicillium* sp, *Trichoderma* sp, *Nigospora* sp, *Lasiodiplodia* sp, *Cladosporium* sp e *Curvularia* sp. E cinco gêneros de fungos classificados como degradadores de ligninas que são: *Gloeophyllum striatum*, *Hexagonia hidinoide*, *Datronia scutellata*, *Trametes* sp e *Picnoporus* sp.

Os cupins atacaram preferencialmente as espécies madeiras menos densas, as espécies com alta densidade apresentaram maior resistência;

A espécie madeira mais atacada por térmitas foi o *Cedrela odorata* e a menos atacada foi o *Hymenolobium petraeum*.

As espécies canelão (*Aniba canelilla*), freijó (*Cordia trichotoma*) e a imbiridiba-amarela (*Terminalia amazonica*) não foram atacadas por térmitas.

As espécies angelim-da-mata (*Hymenolobium petraeum*), castanheira, louro itaúba, manitê, marupá preto, mulateiro, mulungu duro, samaúma, tauari foram as espécies que degradaram 100% das amostras ao final do experimento;

O canelão (*Aniba canelilla*) foi a espécie que obteve menor nota de Lepage e foi o a espécie que não degradou durante todos o evento do experimento.

O estudo demonstrou que a densidade das espécies madeiras estudadas está diretamente correlacionada com a sua resistência aos organismos de degradação biológica e durabilidade natural.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, R. L. S.; SILVA, K. E. S. Resistência natural de dez espécies de madeiras da Amazônia ao ataque de *Nasutitermes macrocephalus* (Silvestre) e *N. surinamensis* (Holmgren) (Isoptera: Termitidae). **Revista Árvore**, v. 24, n. 2, p. 229-234, 2000.
- ABREU, R. L. S.; SALES-CAMPOS, C.; HANADA, R. E.; VASCONCELOS, F. J.; FREITAS, J. A. Avaliação de danos causados por insetos em toras estocadas em indústrias madeireiras de Manaus, Amazonas, Brasil. **Revista Árvore**. Viçosa, v. 26, n. 6, p.789-796, 2002.
- ALVES, M. V. da Silva.; COSTA, A. F. da.; ESPIG, D. da S.; VALE, A. T. do Resistência natural de seis espécies de madeiras da região amazônica a fungos apodrecedores, em ensaios de laboratório. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 1, p. 17-26. 2006.
- ARAUJO, H. J. B. de.; Caracterização do material madeira. 2020. **In:** SEABRA, G. (org.). Educação ambiental: o desenvolvimento sustentável na economia globalizada. Ituiutaba, MG: Barlavento, p. 31-44, 2020.
- ARAÚJO, J. C.; SILVA, Z. A. G. P. da G. e.; Mercado de móveis nos municípios de Cruzeiro do Sul, Mâncio Lima e Rodrigues Alves, estado do Acre, 2014. **Revista Scientia Naturalis**, v. 2, n. 1, 2020.
- BARBOSA, R. A. G. S.; SANTANA, L. G. de M.; MOUTINHO, V. H. P.; Disseminação de técnicas não convencionais de acabamento da madeira visando a agregação de valor ao produto final. **Revista de Extensão da Integração Amazônica**, v. 3, n. 1, p. 26-29, 2022.
- BARREAL, J.A.R.; Patología de la madera. Madrid: Fundación Conde Del Valle de Salazar, Ediciones Mundi-Prensa; 1998. 349 p.
- BATISTA, F. G.; Melo, R. R., CALEGARI, L.; MEDEIROS, D. T.; LOPES, P. J. G. (2020). Resistência natural da madeira de seis espécies à *Nasutitermes corniger* Motsch. em condição de campo. **Revista Madera y Bosques**, 26(2), e2622017. doi: 10.21829/myb.2020.2622017.
- BATISTA, F. G.: Resistência natural de madeiras de cinco espécies do bioma Caatinga em ensaio de campo. 77f.: il. **Dissertação (Mestrado)**. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrária, Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Macaíba, RN, 2020.
- BOTOSSO, P. C. **Identificação macroscópica de madeiras: guia prático e noções básicas para o seu reconhecimento**. Embrapa Florestas, Colombo, Paraná, Brasil. 2009.
- BURGER, L. M.; RICHTER, H., G. **Anatomia da madeira**. São Paulo: Nobel, 1991. 154p.
- BUXTON, R.D., 1981. **Termites and the turnover of dead wood in an arid tropical environment**. *Oecologia* 51, 379±384.
- CALONEGO, F. W.; ANDRADE, M. C. N. DE; NEGRÃO, D. R.; ROCHA, C. D.; MINHONI, M. T. DE A.; LATORRACA, J. V.; SEVERO, E. T. D. Behavior of the Brown-rot Fungus *Gloeophyllum trabeum* on Thermally-modified Eucalyptus grandis Wood. **Floresta e Ambiente**, v. 20, p. 417-423, 2013.

CARDOSO, F.; MACHADO, R.; SOUZA, C. B.; OLIVEIRA, L. DA. S. Mortalidade de cupins de madeira seca em exposição de diferentes períodos à temperatura negativa. CIC - XVIII congresso de iniciação científica. 5ª semana integrada UFPEL, 2019.

CASTRO, V. G. DE.; GUIMARAES, P. P.; CARVALHO, D. E, SOUZA, G. O. DE.; BROCHINI, G. G.; AZAMBUJA, R. DA R.; ROSA, T. S. DA.; ROCHA, M. P. DA.; LOIOLA, P. L.; DIAS, P. C.; PEREIRA. K. T. O. **In** Livro Deterioração e preservação da madeira. Mossoró: EdUFERSA, 2018.213p.

CORASSA J. N.; PIRES, E. M.; ANDRADE NETO, V. R.; TARIGA, T. C. Térmitas associados à degradação de cinco espécies florestais em campo de apodrecimento. **Revista Floram**, v. 21, n. 1, p. 78-84, 2014.

CORDEIRO JÚNIOR, C. R.; SILVA, W. C. R.; SOARES, P. de. T. M. L. Uso da madeira na construção civil. **Projectus**, v. 2, n. 4, p. 79-93, 2017.

COSTA, A. F. da.; VALE, A. T. do.; GONZALEZ, J. C.; SOUZA, F. D. M. de.; Durabilidade de madeiras tratadas e não tratadas em campo de apodrecimento. **Revista Floresta e Ambiente**. V.12, n.1, p. 07 - 14, 2005.

COSTA, F. N.; CARDOSO, R. DE PAULA.; MENDES, C. S.; RODRIGUES, P. R. G.; REIS, A. R. S.; Natural Resistance of Seven Amazon Woods to Xylophagous Termite *Nasutitermes octopilis* (Banks). **Revista FLORAM**, vol.26, n3, e20170145, 2019.

FURTADO, E. L. Microrganismos manchadores da madeira. Série Técnica IPEF, Piracicaba, v.13, n.33, p.91-96, 2000.

GALINARI, R.; TEIXEIRA JUNIOR, J. R.; MORGADO, R, R. A competitividade da indústria de móveis do Brasil: situação atual e perspectivas. **BNDDES Setorial**, n. 37, mar. 2013, p. 227-272, 2013.

GOMES, J. I.; FERREIRA, G. C. Durabilidade natural de quatro madeiras amazônicas em contato com o solo. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2022. 3 p. (Comunicado Técnico v. 66).

GONÇALVES, F. G.; PINHEIRO, D. T. C.; PAES, J. B; CARVALHO, A. G. de; OLIVEIRA, G. de. L. Durabilidade Natural de Espécies Florestais Madeiras ao Ataque de Cupim de Madeira Seca. **Revista Floram** <http://dx.doi.org/10.4322/loram.2012.063>FLORAM, vol.20, n1, p.110-116, 2013.

GONÇALVES, F. G.; BROCCO, V.F.; PAES, J.B.; LOIOLA, P.L.; LELIS, R.C.C. Resistência de Painéis aglomerados de *Acacia mangium* Willd. colados com ureia-formaldeído e taninos a organismos xilófagos. **Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 3, p. 409- 416, 2014.

GOODELL, B.; WINANDY, J. E.; MORRELL, J. J. Review: Fungal degradation of wood: Emerging data, new insights and changing perceptions. **Revista Coatings**, v. 10, n. 12, p. 1210, 2020.

GUERRA, S. C. S.; influência do teor de extrativos na resistência natural de cinco madeiras à cupins xilófagos. **Monografia** apresentada ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Espírito Santo. 2010. 36 p.

GRIFFITHS, H. M.; ASHTON, L. A.; EVANS, T. A.; PARR, C. L.; EGGLETON, P. **Magazine** Current Biology 29, R105–R119, February 18, 2019.

HANADA, R. E.; SALES-CAMPOS, C.; ABREU, R. L. S. de.; PFENNING, L.; Fungos emboloradores e manchadores de madeira em toras estocadas em indústrias madeireiras no município de Manaus, Amazonas, Brasil. **Revista** Acta Amazônica 33 (3): 483-488, 2003.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo demográfico 2021. Disponível em < <https://ibge.gov.br> >. Acesso em 04 de julho de 2023.

JANKOWSKY, I. P. **Fundamentos de preservação de madeiras**. Documentos Florestais, Piracicaba, (11):1-12, 1990.

JESUS, M. A.; MORAIS, J. W.; ABREU, R. L. S.; CARDIAS, M. F. C. Durabilidade natural de 46 espécies de madeiras amazônicas em contato com o solo em ambiente florestal. **Scienta Forestalis**, v.54, n.1, p.81-91. 1998.

JESUS, M. A.; ABREU, R. L. S.; Durabilidade natural da madeira de pupunha (*Bactris gasipaes* kunth) Wood. I. Fungi. Revista Acta Amazônica 32 (4): 663-675. 2002.

KELLEY, S.S.; JELLISON J.; GOODELL, Barry.; Use of NIR and pyrolysis-MBMS coupled with multivariate analysis for detecting the chemical changes associated with brown-rot biodegradation of spruce wood. **FEMS Microbiology Letters**, Volume 209, Issue 1, March 2002, Pages 107–111, <https://doi.org/10.1111/j.1574-6968.2002.tb11117.x>.

LAZAROTTO, M.; OLIVEIRA, L. D. S.; HARAKAVA, R.; ZANATTA, P.; FARIAS, C. R. J. D. Identificação de fungos emboloradores em madeira de *Pinus* spp. em laboratório. **Revista Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 23, n. 4, p. 602-605, 2016.

LEPAGE, E S.; **Manual de preservação de madeiras**. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT/SICCT, 1986. 2v.

LEPAGE, E. S. Método padrão sugerido pela IUFRO para ensaios de campo com estacas de madeira. **Preservação de madeiras**, São Paulo, v.1, n.4, p. 205-216, 1970.

LIMA, J.T.; COSTA-LEONARDO, A.M. Recursos alimentares explorados pelos cupins (Insecta: Isoptera). Biota Neotropica. May/Aug 2007 vol. 7, no. 2. <http://www.biotaneotropica.org.br/v7n2/pt/abstract?thematic-review+bn04007022007>. ISSN 1676-0603.

LOPEZ, G. A. C.; MILANO, S. Avaliação da durabilidade natural da madeira de produtos usados na sua proteção. In: LEPAGE, E. S. (Coord.). **Manual de preservação de madeiras**. v. II. São Paulo: IPT. 1986. p. 45-49.

MARTINS, C. M. Fungos emboloradores e manchadores associado à madeira de *Pinus* spp: gêneros, alterações e controle biológico. 2007. 182f. **Dissertação (Mestrado)**. Universidade Estadual de Londrina - UEL, 2007.

MOTTA, J. P.; OLIVEIRA, J. T. S, PAES, J. B.; ALVES, R. C.; DAMBROZ, G. B. V. Resistência natural da madeira de *Tectona grandis* em ensaio de laboratório. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 8, p. 1393-1398, 2013.

NELDER, J. A.; WEDDERBURN, R. W. Generalized linear models. *Journal of the Royal Statistical Society Series A*, 135 (3): 370–384. doi:10.2307/2344614, (1972).

OLIVEIRA, A. M. F.; LELIS, A. T. de; LEPAGE, E. S.; LOPEZ, G. A. C.; OLIVEIRA, L. C. de S.; CAÑEDO, M. D.; MILANO, S. Agentes destruidores da madeira. In: LEPAGE, E.S. Manual de preservação de madeiras. 2. ed. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1986. Cap. 5, p.99-256.

OLIVEIRA, J. T. S.; TOMAZELLO FILHO, M.; SILVA, J. C. Resistência natural da madeira de sete espécies de eucalipto ao apodrecimento. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 993-998, nov./dez. 2005.

OHKUMA, M.; Termite symbiotic systems: efficient bio-recycling of lignocellulose. **Revista Appl Microbiol Biotechnol** (2003).

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

PAES, J.B.; MORAIS, V. DE. M.; LIMA, C. R. DE.; SANTOS, G. J. C. DOS. Resistência natural de nove madeiras do semiárido brasileiro a fungos xilófagos em simuladores de campo. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.33, n.3, p.511-520, 2009.

PAES, J. B.; SEGUNDINHO, P. G. de A.; EUFLOSINO, A. E. R.; SILVA, M. R. da.; CALIL JUNIOR.C.; OLIVEIRA, J. G. L. de. Resistance of thermally treated woods to *Nasutitermes corniger* in a food preference test. **Madera y Bosques**, v. 21, p. 157-164, 2015. <https://doi.org/10.21829/myb.2015.211439>.

PALMA, V. L.; SANTINI, E. J.; SILVEIRA, A. G. da.; TALGATTI, M. Durabilidade natural e resistência mecânica de madeiras de rápido crescimento após ensaios de campo. **Scientia Agraria Paranaensis**, p. 339-343, 2018. ISSN: 1983-1471 – Online.

PARÁ. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade – SEMAS. Relatório de extração e comércio de toras de madeira nativa por essência. Belém; 2017.

PONS, C.; KNOP, A. Construções utilizando estruturas de madeira. *Cippus*, v. 8, n. 1, p. 79-96, 2020.

RÄBERG, U.; TERZIEV, N.; GEOFFREY, D. Degradation of scots pine and beech wood exposed in four test fields used for testing of wood preservatives. *International Biodeterioration & Biodegradation*, Barking, v. 79, p. 20-27, 2013. LAWLESS, J.F.; *Statistical models and methods for time data*. New York: John Wiley and Sons, 2002. 580p.

REIS, G. M.; RIBEIRO JR., J. I. Ferramentas estatísticas básicas da qualidade - guia prático do R. Disponível em: <http://www.estatisticador.xpg.com.br>. 2010.

SACCOMAN, N. A. F.; TEIXEIRA, S. O.; DAVID, G. Q.; PERES, W. M.; YAMASHITA, O. M.; KOGA, P. S. Resistência da madeira serrada de jatobá ao ataque de *Rhizoctonia solani* em diferentes teores de umidade. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v. 16, n. 3, p. 360-365, jul./set. 2017.

SEPLAN. Secretaria de Estado de Planejamento – Governo do Estado do Acre. Produtos exportados para outros países – Acre. Rio Branco, 2023. Disponível em: <<https://seplan.ac.gov.br/produtos-exportados-para-outros-paises/>>. Acesso em: 17 abr. 2023.

SILVA, B.N. S. DA.; Seleção de fungos apodrecedores de madeira e caracterização de basidiomicetos associados à podridão de árvores vivas. Lavras – UFLA, 2014. **Dissertação**, 92p.

SILVA, L. F. D.; PAES, J. B.; JUNIOR, W. C De J.; OLIVEIRA, J. T. Da S.; FURTADO, E. L.; ALVES, F. R. Deterioração da madeira de *Eucalyptus* spp. por fungos xilófagos. **Revista Cerne**, p. 393-400, 2014.

STANGERLIN, M. D.; COSTA, A. F.; GARLET, A.; PASTORE, T. C. M. Resistência natural da madeira de três espécies amazônicas submetidas ao ataque de fungos apodrecedores. **Revista Ciência da Madeira**, Pelotas, v. 4, n. 1, p. 15-32, 2013.

STALLBAUN, P.H.; BARAUNA, E.E.P.; PAES, J.B.; RIBEIRO, N.C.; MONTEIRO, T.C.; ARANTES, M.D.C. Resistência Natural da Madeira de *Sclerolobium paniculatum* Vogel a Cupins em Condições de Laboratório. **Revista Floresta e Ambiente** 2017;

TOMAZELI, A. J., SILVEIRA, A. G. da, TREVISAN, R., WASTOWSKI, A. D.; CARDOSO, G. V. Durabilidade natural de quatro espécies florestais em campo de apodrecimento. 2016, **Tecno-Lógica**, 20(1), 20-25. <https://doi.org/10.17058/tecnolog.v20i1.6473>.

TREVISAN, H.; CARVALHO, A. G.; TIEPPO, F. M. T. M.; LELIS, R. C. C. Avaliação de propriedades físicas e mecânicas da madeira de cinco espécies florestais em função da deterioração em dois ambientes. **Revista Árvore**, v.31, n.1, p.30-37. 2007.

TREVISAN, H. Degradação natural de toras e sua influência nas propriedades físicas e mecânicas da madeira de cinco espécies florestais. 2006. 56p. **Dissertação** (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro

VERAS, M. de O. B.; BUENAFUENTE, S. M. F. Setor Madeireiro: uma análise de sua contribuição à balança comercial e à economia de Roraima. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 10, n. 5, p. 22-36, 2019.

VIDAL, J. M.; EVANGELISTA, W. V.; SILVA, J. DE C.; JANKOWSKY, I. P. Preservação de madeiras no Brasil: histórico, cenário atual e tendências. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 1, p. 257-271, 2015.

VIITANEN, H. Factors affecting mould growth on kiln dried wood. In: **3rd Workshop on softwood drying to specific end uses**. Helsinki, v.4.

WESTFALL, P. H., TOBIAS, R. D., ROM, D., WOLFINGER, R. D., and HOCHBERG, Y. (1999), *Multiple Comparisons and Multiple Tests Using the SAS System*, Cary, NC: SAS Institute Inc.

ZANATTA, B. P.; SOUZA, L. V. C. de.; OLIVEIRA, A. C.; PEREIRA, B. L. C.; LENGOWSK E. C. Densidade e resistência à compressão paralela às fibras da madeira de oito espécies amazônicas. **In:** ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E ESTRUTURAS DE MADEIRA, 17., 2021, Florianópolis. Anais eletrônicos [...]. Santa Catarina: Portal de Eventos Científicos da Escola de Engenharia de São Carlos, 2021. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/ElaineLengowski/publication/350386129_DENSIDADE_E_RESISTENCIA_A_COMPRESSAO_PARALELA_AS_FIBRAS_DA_MADEIRA_DE_OITO_ESPECIES_AMAZONICAS/links/605cc279458515e8346fdbf3/DENSIDADE-E-RESISTENCIA-A-COMPRESSAO-PARALELA-AS-FIBRAS-DA-MADEIRA-DE-OITO-ESPECIES-AMAZONICAS.pdf. Acesso em: 17 abr. 2023.

ZENI, T.L.; AUER, C.G.; MAGALHÃES, W.L.E. Isolamento de fungos xilófagos causadores de podridão-branca na madeira de *Eucalyptus* sp. v.119. **Comunicado Técnico**, EMBRAPA: Colombo, 2004. 3p.

ANEXOS

Degradação biológica e a durabilidade natural de espécies florestais da Amazônia em campo de apodrecimento no Acre

Biological degradation and the natural durability of amazon forest species in a rotting field in Acre

Degradación biológica y la durabilidad natural de las especies forestales amazónicas en un campo podrido en Acre

Recebido: 12/03/2023 | Revisado: 26/03/2023 | Aceitado: 27/03/2023 | Publicado: 01/04/2023

Suelem Marina de Araújo Pontes Farias

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4777-878X>

Fundação de Tecnologia do Estado do Acre, Brasil

E-mail: suelem.pontesfarias@gmail.com

Amauri Siviero

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3037-7744>

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Acre, Brasil

E-mail: amauri.siviero@embrapa.br

Keiti Roseani Mendes Pereira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0241-4832>

Universidade Federal do Acre, Brasil

E-mail: keiti.pereira@ufac.br

Paulo Eduardo França de Macedo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6681-2050>

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Acre, Brasil

E-mail: paulo.macedo@embrapa.br

Rodrigo Souza Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0879-0049>

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Acre, Brasil

E-mail: rodrigo.santos@embrapa.br

José Raimundo de Souza Passos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6977-642X>

Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Brasil

E-mail: jr.passos@unesp.br

Edson Luís Furtado

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6924-835X>

Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Brasil

E-mail: jr.passos@unesp.br

Resumo

Este trabalho teve como objetivo avaliar a degradação biológica e a durabilidade natural de espécies florestais da Amazônia em campo de apodrecimento em Rio Branco no Estado do Acre. O trabalho foi desenvolvido no campo experimental da Embrapa Acre entre 2015 e 2022. As estacas medindo 0,05 x 0,05 x 0,50 metros, foram distribuídas e enterradas aleatoriamente no campo de apodrecimento a 0,25 m de profundidade. As avaliações de campo foram realizadas trimestralmente registrando-se a incidência de fungos xilófagos e cupins e os danos provocados em estacas de 36 espécies florestais. As espécies de fungos e cupins foram coletados e mantidos nos Laboratórios de Fitopatologia e Entomologia da Embrapa Acre e identificados em diversos laboratórios especializados no Brasil. A degradação das estacas foi realizada com a metodologia proposta por Lepage (1970), atribuindo notas de zero a quatro conforme a percentagem de degradação variando. Os fungos manchadores de madeiras identificados nesta pesquisa foram: *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Trichoderma*, *Nigrospora*, *Lasodiplodia*, *Cladosporium* e *Curvularia*. Os fungos apodrecedores de madeiras que ocorreram nas estacas foram: *Gloeophyllum striatum*, *Hexagonia hidinoide*, *Datronia scutellata*, *Trametes* e *Picnoporus*. Foram identificadas 11 espécies de térmitas; A principal espécie de cupim *T. teneus* foi responsável por 91,6% das ocorrências. A espécie mais atacada *H. tenuis* foi o cedro rosa e aquela menos atacada foi o angelim-da-mata. As espécies cancelão, freijó e a imbiridiba-amarela não foram infestadas por cupins. As espécies madeireiras que obtiveram o maior índice de degradação foram o mulungu duro, louro Itaúba, mulateiro, marupá preto.

Palavras-chave: Deterioração; Fungos xilófagos; Térmitas; Madeira Amazônica.

Abstract

This work aimed to evaluate the biological degradation and natural durability of forest species from the Amazon in a decay field in Acre. The work was carried out in the experimental field of Embrapa Acre between 2015 and 2022. The

stakes measuring 0.05 x 0.05 x 0.50 meters were randomly distributed and buried in the rotting field at 0.25 m deep in. Field evaluations were carried out quarterly, registering the incidence of xylophagous fungi and termites and the damage caused to cuttings of 36 forest species. The species of fungi and termites were collected and maintained at Embrapa Acre's Phytopathology and Entomology Laboratories and identified in several specialized laboratories in Brazil. The degradation of the piles was carried out assigning scores from zero to four according to the varying percentage of degradation. The wood staining fungi identified in this research were: *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Trichoderma*, *Nigospora*, *Lasodiploidia*, *Cladosporium* and *Curvularia*. The wood rotting fungi that occurred in the cuttings were: *Gloeophyllum striatum*, *Hexagonia hidinoide*, *Datronia scutellata*, *Trametes* and *Picnoporus*. Eleven species of termites were identified; The main termite species *T. tenuis* was responsible for 91.6% of occurrences. The species most attacked by *H. tenuis* was the pink cedar (*Cedrela odorata*) and the least attacked was the angelim-da-mata. The canelão, freijó and yellow imbiridiba species were not infested by termites. The wood species that had the highest rate of degradation were the hard mulungu, Blond Itaúba, mulateiro, Black Marupá.

Keywords: Decay; Xylophagous fungi; Termites; Amazon wood.

Resumen

Este estudio tuvo como objetivo evaluar la degradación biológica y la durabilidad natural de las especies forestales amazónicas en un campo podrido en Rio Branco, estado de Acre. El trabajo fue desarrollado en el campo experimental de Embrapa Acre entre 2015 y 2022. Las pilas que miden 0,05 x 0,05 x 0,50 metros se distribuyeron aleatoriamente y se enterraron en el campo podrido a 0,25 m de profundidad. Se realizaron evaluaciones de campo trimestralmente registrando la incidencia de hongos xilófagos y termitas y el daño causado en esquejes de 36 especies forestales. Las especies de hongos y termitas fueron recolectadas y mantenidas en los Laboratorios de Fitopatología y Entomología de Embrapa Acre e identificadas en varios laboratorios especializados en Brasil. La degradación de los esquejes se llevó a cabo con la metodología propuesta por Lepage (1970), asignando puntuaciones de cero a cuatro según el porcentaje de degradación variable. Los hongos tintores de madera identificados en esta investigación fueron: *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Trichoderma*, *Nigospora*, *Lasodiploidia*, *Cladosporium* y *Curvularia*. Los hongos de madera podrida que se produjeron en los esquejes fueron *Gloeophyllum striatum*, *Hexagonia hidinoide*, *Datronia scutellata*, *Trametes* y *Picnoporus*. Se identificaron 11 especies de termitas; La principal especie de termita *T. tenuis* fue responsable del 91,6% de la ocurrencia. La especie más atacada *H. tenuis* fue el cedro rosado y la menos atacada fue el angelim del bosque. Las especies canelão, freijó e imbiridiba-amarela no fueron infestadas por termitas. Las especies maderables que obtuvieron la mayor tasa de degradación fueron el mulungu duro, la bahia de Itaúba, mulateiro, Marupá preto.

Palabras clave: Deterioro; Hongos xilófagos; Térmitas; Madera amazónica.

1. Introdução

A madeira quando utilizada em ambientes externos ficam exposta a processos de deterioração mecânica, química e biológica. As peças de madeira usadas em contato direto com o solo em ambientes tropicais tornam-se ainda mais suscetível ao ataque de organismos degradadores como os térmitas e os fungos xilófagos. Em decorrência desses processos, a madeira tende a reduzir sua integridade e o tempo de serviço. A velocidade com que ocorre essa degradação da madeira depende de fatores como: suas propriedades anatômicas, composição química e dos tratamentos preservativos, caso ocorra e das condições de clima e solo onde estarão expostas. (Mattos *et al.*, 2013 e Araújo *et al.*, 2012).

O uso externo da madeira em ambientes sempre úmidos potencializa a degradação biológica submetendo os biopolímeros constitutivos da madeira como a celulose, lignina e a hemicelulose a intensos e progressivos processos de degradação oxidativa que afetam a durabilidade natural. Este processo provoca a ocorrência de significativas alterações estruturais e de cor, juntamente com uma alteração negativa das propriedades físicas e mecânicas da madeira (Teacã *et al.*, 2019).

Desta forma Batista (2020), salienta que para o melhor aproveitamento da madeira, é necessário o conhecimento das etapas envolvidas na sua deterioração visando gerar informações para o melhor uso e durabilidade natural. O conhecimento do grau de durabilidade natural de uma determinada espécie madeireira é revelado através da realização de ensaios em laboratório e no campo que submetam madeiras a riscos de deterioração (Stangerlin *et al.*, 2013).

Nos ensaios de campo o principal parâmetro utilizado para o monitoramento da resistência natural da madeira é o índice de deterioração que considera o conjunto de fatores bióticos e abióticos envolvidos no processo de degradação de

madeira exposta como: físicos, químicos e atmosféricos (Costa *et al.*, 2005). Os principais agentes bióticos que atacam a madeira em geral são: bactérias, fungos, insetos e os perfuradores marinhos. Os organismos envolvidos na degradação biológica da madeira enterrada no solo são os cupins e os fungos xilófagos. A identificação destes e os danos provocados possibilita a estimativa de vida média em serviço de cada espécie madeireira (Lopez & Milano, 1986; Castro *et al.*, 2018).

Na Amazônia a comunidade decompositora xilófaga é diversa. O ambiente tropical amazônico apresenta altas temperatura e umidade com baixa variação durante o ano o que torna essa condição ideal para o desenvolvimento dos organismos xilófagos, especialmente os fungos e cupins de solo (Jesus *et al.*, 1998). Os térmitas ou cupins são frequentemente agrupados de acordo com seus hábitos de formação de ninhos. Os cupins de solo são aqueles que a colônia cresce em contato com o solo e matéria orgânica. Os cupins subterrâneos representam um grande risco às estacas de madeira enterradas no solo usadas na construção cercas em pastagens.

A degradação biológica causada por fungos nas estacas de madeira está intimamente ligada à presença de água ou de umidade no solo. O enterrio de peças de madeira diretamente no solo sem tratamento gera um ambiente favorável para os fungos permitindo que ataquem as estacas de madeira que também serve como ponto de acesso de cupins à madeira.

Algumas espécies florestais possuem alta durabilidade natural e são capazes de resistir por muitos anos no campo em boas condições de uso em ambientes muito adversos. O conhecimento sobre a degradação da madeira é de fundamental importância para classificar o seu uso final em acordo com a durabilidade natural de cada espécie. Desta forma é de fundamental importância conhecer o comportamento de cada espécie madeireira quando exposta às condições propícias à degradação por organismos xilófagos que atacam a madeira, notadamente, os fungos manchadores e os apodrecedores que ocorrem na Amazônia. Escassos são os estudos associados aos principais agentes envolvidos na degradação biológica de madeiras amazônicas em campo de apodrecimento e sua durabilidade natural. Nesse contexto, o presente trabalho teve o objetivo avaliar degradação biológica e a durabilidade natural de espécies florestais da Amazônia em campo de apodrecimento no Acre.

2. Metodologia

O estudo foi realizado no Campo Experimental do Centro de Pesquisas Agroflorestais do Acre, vinculado à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA Acre situado em Rio Branco, com coordenadas geográficas S10°01'31.5" e W67°42'25.5". A temperatura média anual do município é de 25°C e a média de precipitação anual é de 2.022 mm de chuva. A estação chuvosa estende-se de outubro a abril e estação a seca ocorre entre maio e setembro (Santos, 2022). A área que compreende o campo de apodrecimento de madeiras apresenta topografia plana, incidência de luz solar plena. O solo tem boa drenagem, distrófico, alto teor de argila e vegetação composta por gramíneas forrageiras

O campo de apodrecimento foi composto por corpos de prova obtidos de 36 espécies florestais amazônicas ocorrentes no Acre provenientes de árvores mortas da Reserva Legal da Embrapa Acre após autorização oficial do Instituto do Meio Ambiente do Acre. As estacas apresentavam dimensões de 5,0 cm de largura; 5,0 cm de espessura e 50,0 cm de comprimento, as mesmas foram cortadas a partir do cerne de peças de madeira isentas de partes do alburno e sem manchas e injúrias mecânicas visíveis ao olho nu. Os cortes foram realizados com orientação no sentido longitudinal às fibras da madeira, seguindo orientações específicas para testes de durabilidade natural de madeiras conforme Lepage (1970), e logo após enterradas numa área medindo aproximadamente 1.200 m².

O nome comum, nome científico, família botânica, densidade e o número de estacas testadas das 36 espécies madeireiras testadas estão demonstrados no Quadro 1. Os dados de densidade das madeiras foram extraídos da literatura especializada (Serviço florestal Brasileiro, Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo – IPT e Fundação de Tecnologia do Estado do Acre - FUNTAC) (Quadro 1).

Quadro 1 - Nome comum, nome científico, família botânica, densidade e o número de estacas das 36 espécies madeiras do campo de apodrecimento instalado em Rio Branco, Acre.

Nº	Nome vulgar	Nome científico	Família	Densidade	Nº Amostras
1	Aburana preta	<i>Planchonella oblanceolata</i> Pires.	Sapotaceae	0,73	8
2	Amarelão	<i>Aspidosperma vargasii</i> A.DC.	Apocynaceae	0,88	18
3	Andiroba	<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	Meliaceae	0,59	21
4	Angelim da mata	<i>Hymenolobium petraeum</i> Ducke	Fabaceae	0,59	8
5	Aroeira	<i>Astronium lecontei</i> Ducke	Anacardiaceae	0,81	23
6	Bálsamo	<i>Myroxylon balsamum</i> (L.) Harms	Fabaceae	0,78	31
7	Breu vermelho	<i>Tetragastris panamensis</i> (Engl.) Kuntze.	Burseraceae	0,77	21
8	Canelão	<i>Aniba canelilla</i> (H. B. K.) Mez.	Lauraceae	0,92	4
9	Castanheira	<i>Bertholletia excelsa</i> Bonpl.	Lecythidaceae	0,63	4
10	Cedro rosa	<i>Cedrela odorata</i> L.	Meliaceae	0,44	20
11	Cerejeira	<i>Amburana acreana</i> (Ducke) A.C.Sm.	Fabaceae	0,47	24
12	Copaíba I	<i>Copaifera duckei</i> Dwyer	Fabaceae	0,62	4
13	Copaíba II	<i>Copaifera multijuga</i> Hayne	Fabaceae	0,50	4
14	Copaíba III	<i>Copaifera reticulata</i> Ducke	Fabaceae	0,62	4
15	Cumaru cetim	<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F.Macbr.	Fabaceae	0,98	12
16	Cumaru ferro	<i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd.	Fabaceae	0,91	4
17	Fava orelhinha	<i>Enterolobium schomburgkii</i> (Benth.) Benth.	Fabaceae	0,69	4
18	Freijó	<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arráb. ex Steud.	Boraginaceae	0,80	9
19	Guariheiro	<i>Barnebydendron riedelii</i> (Tul.) J.H.Kirkbr.	Fabaceae	0,54	16
20	Guariúba	<i>Clarisia racemosa</i> Ruiz & Pav.	Moraceae	0,60	10
21	Imbiridiba amarela	<i>Terminalia amazonia</i> (J.F.Gmel.) Exell	Combretaceae	0,80	4
22	Ipê roxo	<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S.Grose	Bignoniaceae	0,89	20
23	Jutaí	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Fabaceae	0,80	13
24	Louro itaúba	<i>Nectandra</i> sp.	Lauraceae	0,55	10
25	Maçaranduba I	<i>Manilkara huberi</i> (Ducke) A.Chev.	Sapotaceae	0,87	29
26	Maçaranduba II	<i>Manilkara bidentata</i> (A.DC.) A.Chev.	Sapotaceae	0,83	4
27	Manitê	<i>Brosimum alicastrum</i> Sw.	Moraceae	0,74	16
28	Marupá preto	<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D.Don	Bignoniaceae	0,31	4
29	Matamatá	<i>Allantoma</i> sp.	Lecythidaceae	0,63	16
30	Mulateiro	<i>Calycophyllum spruceanum</i> (Benth.) K.Schum.	Rubiaceae	0,85	5
31	Mulungu duro	<i>Erythrina poeppigiana</i> (Walp.) O.F.Cook	Fabaceae	0,22	14
32	Pororoca	<i>Dialium guianense</i> (Aubl.) Sandwith	Fabaceae	0,88	22
33	Samaúma	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	Malvaceae	0,29	8
34	Sucupira preta	<i>Diplotropis purpurea</i> (Rich.) Amshoff	Fabaceae	0,78	4
35	Tauari	<i>Couratari pulchra</i> Sandwith	Lecythidaceae	0,50	20
36	Violeta	<i>Martiodendron elatum</i> (Ducke) Gleason	Fabaceae	0,86	25

Fonte: Autoria Própria (2023).

A identificação das espécies florestais selecionadas para este estudo foi realizada em três instituições: Laboratório de Produtos Florestais do Serviço Florestal Brasileiro (Brasília, DF), Laboratório de Anatomia e Identificação de Madeiras do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Manaus, AM) e Coleção de referência da Fundação de Tecnologia do Estado do Acre – FUNTAC (Rio Branco, AC). Todos os laboratórios de identificação emitiram certificados atestando gênero, espécie e família botânica atualizada baseada na anatomia macroscópica das madeiras analisadas.

A distribuição das estacas no campo de apodrecimento foi realizada em 14 linhas de 30 metros espaçadas entre si por 2,50 metros. As estacas devidamente identificadas por códigos foram enterradas verticalmente no solo com etiqueta voltada para o norte a 1,0 m de distância e a uma profundidade de 0,25 m dentro de cada linha. O número de estacas de cada espécie florestal estudada variou de quatro a 32 estacas, totalizando 463 estacas avaliadas. Foram realizadas operações de limpeza mecânica da vegetação do local na ocasião de todas as avaliações de campo.

A metodologia empregada para realização de testes de campo com estacas de madeira em contato com o solo foi baseada nos trabalhos de Jesus *et al.*, (1998) e Araújo *et al.*, (2012) desenvolvidos na Amazonia. As avaliações de campo foram realizadas trimestralmente registrando-se a incidência de fungos xilófagos e cupins e os danos provocados em estacas de 36 espécies florestais entre 2015 e 2018 abrangendo períodos secos e chuvosos na região. As avaliações foram realizadas promovendo o desenterro cuidadoso individual de cada estaca fazendo registros dos organismos ocorrentes, análise visual das injúrias no colo, acima e abaixo do solo, coleta de fungos e cupins para análises em laboratório específico visando a diagnose dos agentes.

Em relação à coleta e identificação de fungos xilófagos e térmitas, as estruturas vegetativas e reprodutivas dos fungos foram coletadas com auxílio da pinça e bisturi flambados usados na raspagem superficial das estacas de madeiras infestadas no campo. Os fungos coletados foram transportados para o Laboratório de Fitopatologia da Embrapa Acre para isolamento, cultivo e conservação. Os espécimes após crescimento e esporulação em meio de cultura foram observados em microscópio ótico com lentes de 4x, 10x, 20x e 40x de aumento visando à identificação dos organismos com auxílio de chaves de identificação específicas de fungos xilófagos.

Uma parte dos fragmentos fúngicos foram depositados diretamente em placas de Petri contendo meio agar-agar, enquanto os outros fragmentos coletados foram submetidos a uma desinfestação superficial em álcool 70% por um minuto, NaOH a 2% por 3 minutos retirando-se o excesso de água. Posteriormente o material foi isolado em meio de cultura em câmara de fluxo laminar e plaqueado. Os fragmentos após um período de uma semana de crescimento os fungos foram mantidos em armazenamento até a identificação.

No processo de identificação dos fungos foram analisadas as características macro e micromorfológicas das colônias e estruturas fúngicas como coloração, relevo, bordas, tamanho, textura e produção de pigmentos e, aspectos micromorfológicos de estruturas vegetativas e reprodutivas como hifas, corpos de frutificação e esporos. No caso específico dos fungos xilófagos produtores de basidiomas ou fragmentos dos corpos de frutificação coletados em campo no Acre foram individualmente desidratados em estufa a 50° C e embalados e conservados em caixas de papel.

No processo de identificação foi realizada a descrição da parte visível a olho nú registrando-se as características do basidioma como: píleo, lâmina, haste, coloração, forma, tamanho, modo de fixação e de impressão de esporos a partir do píleo do fungo em folha de papel. A confirmação do diagnóstico dos fungos associados à degradação das estacas foi feita através da identificação taxonômica realizada junto ao Laboratório de Micologia da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC.

A avaliação dos cupins no campo de apodrecimento foi realizada simultaneamente às avaliações da ocorrência dos fungos. A presença de cupins xilófagos nas estacas foi feita pelo método visual registrando-se o ataque de cupins de cada estaca empregando metodologia usada por Corassa *et al.*, (2014). A avaliação de cupins foi realizada após o desenterro das estacas individualmente, registrando-se os danos na parte subterrânea e aérea. Em campo os cupins ocorrentes em cada estaca

foram coletados com auxílio de pinça e/ou aspirador entomológico e conservados em frascos de vidro contendo álcool etílico a 80% no Laboratório de Entomologia da Embrapa Acre. Posteriormente as amostras de cupins foram enviadas ao Laboratório de Termitologia da Universidade de Brasília - UnB para identificação das espécies usando através de microscópio estereoscópio e consulta junto à literatura especializada.

As avaliações do grau de degradação das estacas de madeira no campo, quantificando a durabilidade natural da madeira foram realizadas através da inspeção visual e tátil, foram realizadas aos 36 e 72 meses após a implantação do campo de apodrecimento adotando a metodologia proposta por Lepage (1970). Nessa avaliação foram atribuídas notas individuais de zero a quatro conforme a percentagem de degradação visual apresentada para cada estaca conforme Tabela 1.

Tabela 1 - Estado geral, nota e índice de preservação estimado usado na avaliação do ataque de organismos xilófagos de estacas de madeiras em campo.

Estado	Nota	Índice de preservação em %
Sadio, nenhum ataque	0	100
Ataque leve ou superficial de fungos e cupins	1	90
Ataque evidente, mas moderado de fungos e cupins	2	70
Apodrecimento intenso ou ataque intenso de cupins	3	40
Quebra, perda quase total de resistência	4	0

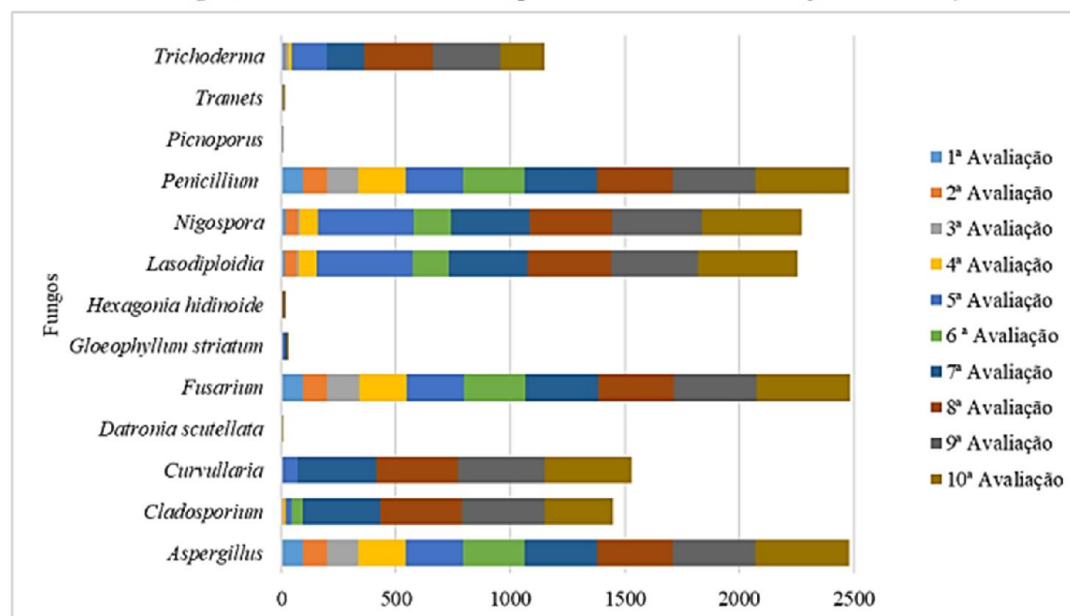
Fonte: Autoria Própria (2023).

Para análise estatística, as avaliações geraram um banco de dados em planilha Excel e foram tabulados para o estudo de tempo até a degradação das estacas, utilizando-se a técnica de análise de sobrevivência (Lawless, 2002). Foram utilizados os estimadores produtos-limite de Kaplan-Meier (Lee, 1992), para estimar as curvas de sobrevida de cada espécie de madeira e o Teste Log-Rank ajustado pelo Teste de Sidak para as comparações entre as curvas de sobrevivência. Os ajustes dos estimadores produtos-limite de Kaplan-Meier foram feitos pelo procedimento lifetest do programa estatístico SAS – Free Statistical Statistical Software, SAS University Edition. Foram determinados também os percentuais de degradação por espécie de madeira, utilizando o procedimento freq do mesmo programa estatístico anteriormente descrito.

3. Resultados e Discussão

Foram identificados oito fungos xilófagos ocorrentes nas espécies madeireiras em campo classificados como fungos manchadores ou emboloradores que foram: *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Trichoderma*, *Nigospora*, *Lasodiploidia*, *Cladosporium* e *Curvularia*. Os cinco fungos classificados como xilófagos degradadores de ligninas pertencentes aos basidiomycetos foram: *Gloeophyllum striatum*, *Hexagonia hidinoide*, *Datronia scutellata*, *Tramets* e *Picnoporus*. A incidência de cada espécie de fungo e sua distribuição temporal após dez avaliações de campo está demonstrada na Figura 1.

Figura 1 - Incidência acumulada de fungos em estacas de madeira no campo em dez avaliações.



Fonte: Autoria Própria (2023).

As espécies fúngicas com maior incidência encontrada no presente trabalho foram os fungos manchadores. Estas espécies foram as pioneiras a serem identificadas nos processos de infecção e colonização das estacas. O fungo *Lasiodiplodia* sp. foi uma das espécies fúngicas mais frequentes associadas às espécies madeireiras em campo. Saccoman *et al.* (2016) em estudo realizado em Alta Floresta - MT, relataram a ocorrência de treze fungos sendo seis deles de gêneros comuns identificados neste trabalho como: *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Lasiodiplodia*, *Penicillium* e *Trichoderma*. *Lasiodiplodia* sp. Furtado (2000) relata que esses gêneros supracitados são responsáveis pelo manchamento interno de madeiras de espécies amazônicas. Canto *et al.*, (2020), relataram a ocorrência dos fungos *Curvularia* e *Cladosporium* atacando madeiras submersas em água no Pará e outras espécies fúngicas detectadas.

As espécies fúngicas com menor incidência identificada nesta pesquisa foram os fungos xilófagos apodrecedores, como: *Gloeophyllum striatum*, *Hexagonia hidinoide*, *Datronia scutellata*, *Trametes* sp. e *Picnoporus* sp. Estes fungos são geralmente pertencentes à divisão Basidiomycetes que formam basidiocarpos e possuem habilidade de degradar a lignina. Os fungos *Gloeophyllum striatum* e *Hexagonia hidinoide* foram encontrados em maior frequência nas estacas das espécies de manité e amarelão e com surgem com maior frequência no período chuvoso local. Corroborando com essa afirmação, Costa (2011), que a presença de fungos dos gêneros *Pycnoporus sanguineus*, *Hexagonia hydnoideis*, *Trametes* sp. foram identificados na Bahia sendo coletados em povoamentos de eucalipto e apresentando maior densidade observada no período de inverno e em povoamentos de um a sete anos de idade.

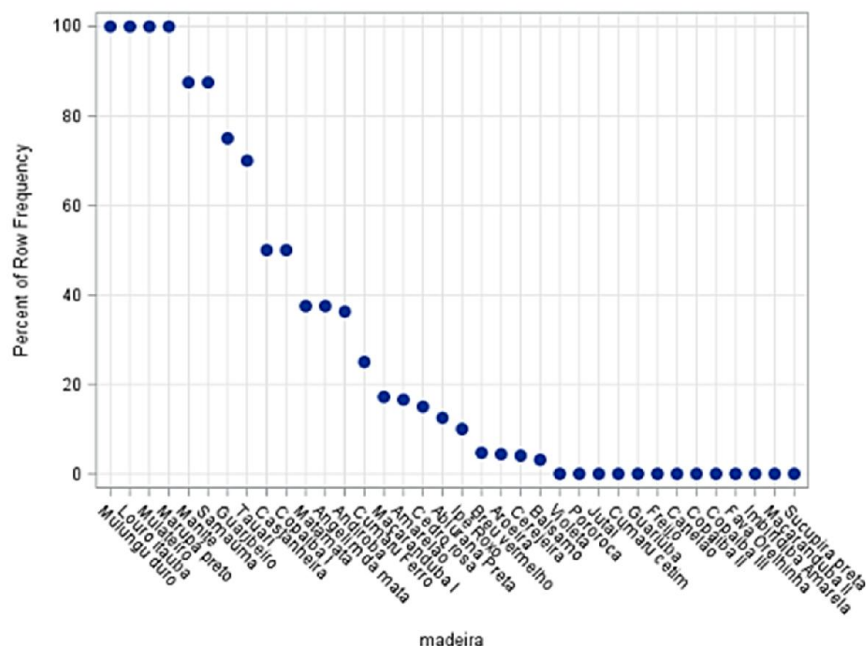
Silva *et al.*, (2014), avaliou a resistência natural de espécies de madeira da Caatinga usando o método de teste laboratorial acelerado de resistência à deterioração de madeiras. Os fungos mais agressivos neste teste foram *Postia placenta*, *Trametes versicolor* e *Gloeophyllum trabeum*. No experimento o fungo *Gloeophyllum trabeum*, dentro dos fungos considerados apodrecedores, foi o que teve maior ocorrência nas espécies do estudo.

Em relação aos térmitas foram identificadas 11 espécies de cupins de hábito subterrâneo nas coletas de campo. A

espécie de cupim *Heterotermes tenuis* apresentou maior ocorrência no campo de apodrecimento sendo registrada em 91,6% das espécies madeiras avaliadas. A espécie madeira mais atacada por *H. tenuis* foi o cedro rosa (*Cedrela odorata*) e a menos atacada foi o angelim-da-mata (*Hymenolobium petraeum*). As espécies canelão (*Aniba canelilla*), freijó (*Cordia trichotoma*) e a imbiridiba-amarela (*Terminalia amazonica*) não foram infestadas por cupins. As espécies são classificadas como madeiras de alta densidade, o que corrobora com a afirmação de Bodig & Jayne (1992), que dizem que com o aumento da densidade, proporcionalmente ocorre o aumento da resistência da madeira.

Na análise de sobrevivência e degradação das espécies podemos observar nos gráficos abaixo os índices de deterioração ao longo de 3 e 7 anos.

Figura 2 - Índice de deterioração aos 3 anos.



Fonte: Autoria Própria (2023).

Após avaliação ao longo do 3º ano, pode-se observar que as espécies que obtiveram o maior índice de degradação foram o mulungu duro (*Erythrina poeppigiana*), louro Itaúba (*Nectandra* sp.), mulateiro (*Calycophyllum spruceanum*), marupá preto (*Jacaranda copaia*). As quatro espécies obtiveram perda de 100% das amostras em campo de apodrecimento ao final do terceiro ano do experimento. Enquanto algumas espécies não apresentaram degradação ao final do terceiro ano, sendo elas: Violeta, Pororoca, Jutai, Cumaru cetim, Guariúba, Freijó, Canelão, Copaíba II, Copaíba III, Fava Orelhinha, Imbiridiba Amarela, Maçaranduba II e Sucupira preta.

Já ao final do 7º ano, foi realizada uma nova avaliação e foi possível observar que as espécies que obtiveram degradação total foram Angelim da mata, Castanheira, Tauari, Manite, Samaúma. Já as espécies que não degradaram ao final do 7º ano foram: Pororoca, Guariúba, Freijó, Canelão, Copaíba II, Cumaru Ferro, Imbiridiba Amarela e Maçaranduba II.

[illegible]

Foi possível observar que as espécies que apresentam as maiores massas específicas foram as espécies mais resistentes à degradação biológica em campo. Na análise da degradação das estacas verificou-se que as espécies madeiras pertencentes ao grupo de alta massa específica e que apresentam coloração mais escura apresentaram menor degradação biológica o que pode estar associado à quantidade e ao tipo de extrativos presentes nessas espécies.

A densidade é um dos parâmetros que mais influenciam a durabilidade natural das madeiras tropicais, no entanto não há relação direta entre densidade e a resistência natural de algumas espécies tropicais. De acordo com Paes *et al.* (2007), ao testarem a resistência natural de sete espécies de madeiras a fungos xilófagos, chegaram a conclusão de que as madeiras de maior densidade foram as mais resistentes ao apodrecimento. No entanto a resistência natural dentro de uma mesma espécie, nem sempre está associada à densidade da madeira.

Os fungos manchadores ocorreram em maior frequência em relação aos fungos apodrecedores. A intensidade de ataque dos fungos e cupins variou entre as espécies florestais estudadas. As espécies canelão (*Aniba canelilla*), freijó (*Cordia trichotoma*) e a imbiridiba-amarela (*Terminalia amazonica*) foram classificadas como altamente resistentes em relação ao ataque de fungos e cupins. As espécies madeiras que apresentaram maior índice de degradação de estacas no campo, portanto uma menor durabilidade natural foram: Angelim do mato, Castanheira, Tauari, Manite, Samaúma, Louro itaúba, Marupá preto, Mulateiro e Mulungu duro. O estudo demonstrou ainda que a densidade das espécies madeiras estudadas está diretamente relacionada com a sua resistência aos organismos de degradação biológica e durabilidade natural.

Referências

- Araújo, H. J. B., Magalhães, W. L. E. & Oliveira, L. C. (2012). Durabilidade de madeira de eucalipto citriodora (*Corymbia citriodora* (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson) tratada com CCA em ambiente amazônico. *Acta Amazônica*, 42(1), 49-58. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672012000100006>.
- Batista, F. G. (2020). *Resistência natural de madeiras de cinco espécies do bioma Caatinga em ensaio de campo*. 77f. il. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrária, Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Macaíba, RN.
- Bodig, J., & Jayne & B. A. (1992). *Mechanics of Wood and Wood Composites*. New York: Van Nostrand Reinhold Company Inc. 712 p.
- Canto, E. S. M., Cortez, A. C. A., Monteiro, J. S., Barbosa, F. R., Zelski, S. & Souza, J. V. B. (2020). Composition and diversity of fungal decomposers of submerged wood in two lakes in the Brazilian Amazon State of Pará. *International Journal of Microbiology* (PRINT), 1-9.
- Castro, V. G. DE., Guimarães, P. P., Carvalho, D. E., Souza, G. O. DE., Brochini, G. G., Azambuja, R. DA R., Rosa, T. S. DA., Rocha, M. P. DA., Loiola, P. L., Dias, P. C. & Pereira, K. T. O. (2018) *Deterioração e preservação da madeira*. Mossoró: EdUFERSA213p.
- Corassa, J. N., Pires, E. M., Andrade Neto, V. R. & Tariga, T. C. (2014) Térmitas associados à degradação de cinco espécies florestais em campo de apodrecimento. *Revista Floresta e Ambiente*, 21: 135-142.
- Costa, A. F. da., Vale, A. T. do., Gonzalez, J. C. & Souza, F. D. M. de. (2005). Durabilidade de madeiras tratadas e não tratadas em campo de apodrecimento. *Revista Floresta e Ambiente*. 12(1), 07 - 14.
- Costa, A. C. F., Marino, R. H., Silva, G. A., Almeida, T. A., Nascimento, K. S. D. & Mesquita, J. B. (2011). Ocorrência de fungos macroscópicos em povoamentos de eucalipto. *Natural Resources*, 1(1).
- Furtado, E. L. (2000). Microrganismos manchadores da madeira. *Série Técnica IPEF*, Piracicaba, 13(33), 91-96
- Jesus, M. A., Morais, J. W., Abreu, R. L. S. & Cardias, M. F. C. (1998) Durabilidade natural de 46 espécies de madeiras amazônicas em contato com o solo em ambiente florestal. *Scientia Forestalis*, 54(1), 81-91.
- Lawless, J.F. (2002). *Statistical models and methods for time data*. John Wiley and Sons. 580p.
- Lee, E. T. (1992) *Statistical Methods for Survival Data Analysis*, Second Edition, John Wiley e Sons.
- Lepage, E. S. (1970). Método sugerido pela IUFRO para ensaios de campo com estacas de madeira. *Preservação de Madeiras*, 1, 205-216.
- Lopez, G. A. C., & Milano, S. Avaliação da durabilidade natural da madeira de produtos usados na sua proteção. In: LEPAGE, E. S. (Coord.). *Manual de preservação de madeiras*. v. II. São Paulo: IPT. 1986. p. 45-49.
- Mattos, B. D., Gatto, D. A., Cademartori, P. H. G., Stangerlin, D. M. & Beltrame, R. (2013). Durabilidade a campo da madeira de três espécies de *Eucalyptus* tratadas por imersão simples. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 8(4):648-655. 10.5039/agraria.v8i4a3050.
- Paes, J. B., Melo, R. R. de. & Lima, C. R. de. (2007). Resistência natural de sete madeiras a fungos e cupins xilófagos em condições de laboratório. *Revista Cerne*, 13(2), 160-169.
- Santos, R. S. (2022). *Heterotermes tenuis* (Hagen) (Blattodea: Rhinotermitidae): Principal térmita associado a espécies florestais, em campo de apodrecimento de madeiras, em Rio Branco, Acre, Brasil. *Nativa*, 10, 327-332.
- Silva, L. F. da., Paes, J. B., Jesus Junior, W. C. de., Oliveira, J. T. da S., Furtado, E. L. & Alves, F. R., (2014). Deterioração da madeira de *Eucalyptus* spp. por fungos xilófagos. *Revista Cerne*.
- Stangerlin, D. M., Costa, A. F. da., Garlet, A. & Pastore, T. C. M. (2013). Resistência natural da madeira de três espécies amazônicas submetidas ao ataque de fungos apodrecedores. *Revista Ciência da Madeira*, 4(1), 15-32.
- Teacă, Carmen-Alice., Mustăţ, D. R., Mustăţ, F., Rusu, T., Roşu, L., Roşca, I. & Varganici, Cristian-Dragoş. (2019). Natural Bio-Based Products for Wood Coating and Protection against Degradation: A Review. *BioResources*.