



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS E FLORESTAIS
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL

FRANÇÓYSE DÁVILLA DE SOUZA SILVA

**DETERIORAÇÃO DA MADEIRA DE *Piptadenia moniliformis* Benth. E *Pinus* sp.
PELA PODRIDÃO BRANCA E PARDA EM ENSAIOS DE LABORATÓRIO**

MOSSORÓ

2020

FRANÇÓYSE DÁVILLA DE SOUZA SILVA

**DETERIORAÇÃO DA MADEIRA DE *Piptadenia moniliformis Benth.* E *Pinus sp.*
PELA PODRIDÃO BRANCA E PARDA EM ENSAIOS DE LABORATÓRIO**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em ENGENHARIA FLORESTAL.

Orientador: Vinicius Gomes de Castro, Prof. Dr.

Co-orientadora: Poliana Coqueiro Dias Araujo, Prof^a. Dr^a.

MOSSORÓ

2020

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Central Orlando Teixeira (BCOT)
Setor de Informação e Referência (SIR)

S586d SILVA, FRANCOYSE DAVILLA DE SOUZA.
DETERIORAÇÃO DA MADEIRA DE *Piptadenia*
moniliiformis Benth. E *Pinus* sp. PELA PODRIDÃO
BRANCA E PARDA EM ENSAIOS DE LABORATÓRIO /
FRANCOYSE DAVILLA DE SOUZA SILVA. - 2020.
35 f. : il.

Orientador: Vinicius Gomes de Castro.
Coorientadora: Poliana Coqueiro Dias Araujo.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia
Florestal, 2020.

1. Perda de Massa. 2. Celulose. 3. Degradação.
4. Madeira. I. Castro, Vinicius Gomes de ,
orient. II. Araujo, Poliana Coqueiro Dias , co-
orient. III. Título.

Bibliotecário-Documentalista
Nome do profissional, Bib. Me. (CRB-15/10.000)

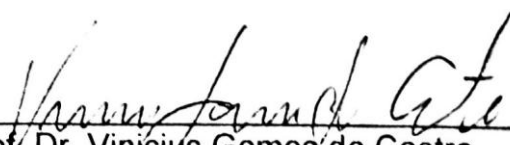
FRANÇÓYSE DÁVILLA DE SOUZA SILVA

**DETERIORAÇÃO DA MADEIRA DE *Piptadenia moniliformis* Benth. E *Pinus* sp.
PELA PODRIDÃO BRANCA E PARDA EM ENSAIOS DE LABORATÓRIO**

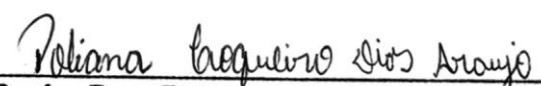
Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em ENGENHARIA FLORESTAL.

Defendida em: 21 / 01 / 2020

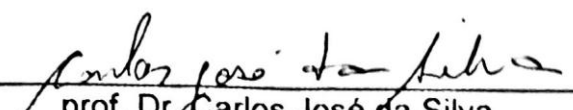
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Vinicius Gomes de Castro
Presidente



Profa. Dra. Poliana Coqueiro Dias Araújo
Membro



prof. Dr. Carlos José da Silva
Membro

*Dedico este trabalho
a Maria Severina de Souza
(In memoriam), minha avó
que sempre acreditou em mim.*

AGRADECIMENTOS

Quero iniciar agradecendo primeiramente ao meu Deus, que me deu vida, saúde, perseverança e inteligência para conseguir chegar até aqui. Obrigada meu Deus!

A minha mãe e rainha que esteve sempre ao meu lado acreditando que eu era capaz em todo momento e fez tanto por mim durante todo esse tempo, espero poder um dia retribuir tanto amor, carinho e compreensão. Te amo mainha!

Aos meus irmãos que viram de perto cada passo e me ajudaram. Amo vocês! E não podia esquecer de Tinino, meu primo que me incentivou a escolher este curso e sem saber me direcionou a algo que hoje faz parte de mim.

Agradeço a professora Poliana Coqueiro Dias Araujo que deu início a esse trabalho juntamente comigo, acreditou em mim, me ensinou tanto, e me fez descobrir o amor pela patologia, e pelo próprio curso, além de me ensinar que tudo é possível se estivermos dispostos a lutar sempre com muito amor, garra e o amor pelo conhecimento, e fez tudo isso sempre com muita humildade.

Ao professor Vinicius Gomes de Castro, que aceitou dar prosseguimento nesse trabalho, disponibilizando do seu tempo e se dedicando em me orientar, até mesmo nas férias, sem medir esforços. Ele me ensinou e me abraçou como sua orientada, e sempre disse que ia dar tudo certo. Obrigada!

E não poderia deixar de agradecer a minha amiga e irmã Elen, que esteve comigo literalmente em cada momento desse trabalho, me ajudando até o último minuto.

Quero agradecer também a Lidiane, a técnica dos laboratórios de Engenharia Florestal, que me ajudou a realizar as análises.

Obrigada também a Maciel e a Maria José que também contribuíram para a minha formação e a Liduina, que também me ajudou muito.

Agradeço aos meus amigos Cirilo, Giliard, Marina, Lunara, Sara, Gleydson, Hiago, Nardella.

E por fim agradeço a todos os que oraram todos os meus amigos, familiares, que ajudaram diretamente ou indiretamente. Obrigada!

RESUMO

As madeiras, sejam elas coníferas ou folhosas, possuem suas próprias resistências naturais diante da ação de microrganismos xilófagos que interfere nas propriedades físicas, químicas e biológicas. A Caatinga é um bioma rico em diversidade de espécies, contudo, não estão imunes a ação dos basidiomicetos. Em razão disso, este trabalho teve como objetivo avaliar a resistência natural da madeira de *Piptadenia moniliformis* Benth. (Catanduva), espécie nativa da Caatinga, e também da espécie de *Pinus* sp. (Pinus) a fim de analisar o ataque ocasionado pelo fungo *Ganoderma* sp. (causador de podridão branca) e *Daldinia* sp. (causador de podridão parda). Os corpos de prova de cada espécie foram preparados tendo as seguintes dimensões: 2,5 x 2,5 x 2,0 cm para o ensaio em laboratório, submetidos aos seguintes tratamentos: T: testemunha; T1: *Ganoderma* sp.; T2: *Daldinia* sp. permanecendo em câmara de refrigeração, tipo B.O.D, a temperatura de 28°C durante 18 semanas. Dentre as espécies estudadas, pode-se observar que os valores de perda de massa da Catanduva foram superiores ao do Pinus, com uma perda de massa média de 8,57% quando atacada pela podridão branca e 7,12% pela parda. Contudo foi possível concluir que apesar das diferenças estatísticas entre as espécies, de acordo com o teste de tukey com nível de 5% de significância, as duas são altamente resistentes ao ataque dos fungos causadores das podridões branca e parda

Palavras-chave: Perda de massa, Celulose, Degradação, Madeira.

ABSTRACT

Timbers, from softwood or hardwood, have their own natural resistances in the face of xylophagous microorganisms' actions that affect their physical, chemical and biological properties. The Caatinga is a biome abundant in species diversity, however, it isn't immune to the basidiomycetes actions. Due to this, this work aimed to evaluate the natural resistance of *Piptadenia moniliformis Benth.* (Catanduva) wood, a Caatinga native species, and also *Pinus* sp. wood in order to analyze the attack made by *Ganoderma* sp. fungi (responsible for white rot) and *Daldinia* sp. fungi (responsible for brown rot). Specimens from each species were prepared for laboratory test, submitted to the following treatments: T: control sample; T1: *Ganoderma* sp.; T2: *Daldinia* sp. placed in cooling system type B.O.D, temperature of 28°C during 18 weeks. Among the studied species, it was possible to observe that values of weight loss for Catanduva were higher than the ones of Pinus, average weight loss of 8,57% when attacked by white rot and 7,12% by brown rot. However, it was possible to conclude that even though the statistical difference between species, according to Tukey test at 5% significance level, both were highly resistant to white and brown rot fungi attack.

Keywords: Weight loss, Cellulose, Degradation, Wood

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	–	Fungos inoculados <i>Ganoderma</i> sp.(esquerda) e <i>Daldinia</i> sp.(direita).....	20
Figura 2	–	Inóculo em meio de cultura: (a) <i>Ganoderma</i> sp. e (b) <i>Daldinia</i> sp.	21
Figura 3	–	Frasco com fungo inoculado em placa de suporte de MDF sobre solo com pH ajustado.....	22
Figura 4	–	Corpo de prova de <i>Pinus</i> sp. posicionado sobre placa de suporte já colonizada.....	23
Figura 5	–	Extração em solubilidade de NaOH 1% para a madeira de Catanduva: (a) material após sair do Banho Maria e (b) processo de filtragem.....	25
Figura 6	–	Valores médios de densidade para as espécies <i>Pinus</i> e Catanduva	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	–	Classificação de Perda de Massa.....	24
Tabela 2	–	Valores médios de perda de massa para as espécies Pinus e Catanduva sem inoculação de fungo e atacada por fungos causadores de podridão branca e podridão parda.....	27
Tabela 3	–	Análise de Variância de extração em solubilidade NaOH 1% para as espécies Pinus e Catanduva inoculadas com fungos causadores de Podridão Branca e Parda.....	29
Tabela 4	–	Valores médios de extração em solubilidade NaOH 1% para as espécies Pinus e Catanduva em madeira não atacada (sem tratamento), e inoculadas com fungos causadores de Podridão Branca (PB) e Parda (PP).....	29

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
2.1. Catanduva	14
2.2. Microrganismos Xilófagos	14
2.3 Podridão	15
2.4. Resistência da Madeira a Microrganismos xilófagos	17
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	19
3.1 Obtenção do material	19
3.2 Ensaio de	19
3.3 Preparação dos corpos de prova.....	19
3.4 Fungos xilófagos e condições de ensaio	20
3.5 Frascos de ensaio	21
3.6 Blocos de correção.....	23
3.7 Determinação da perda de massa.....	23
3.8 Solubilidade de NaOH a 1% para madeira e polpa TAPPI T 212 om-02.....	24
3.9 Análise estatística	25
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	26
5 CONSIDERAÇÃO FINAL	30
6 REFERÊNCIAS	44

1. INTRODUÇÃO

A Caatinga é considerada um dos maiores biomas, que domina aproximadamente 80% do semiárido (MAIA *et al.*, 2017), e faz parte inteiramente do território Brasileiro (LEAL *et al.*, 2005). Conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2004), é uma área com cerca de 844.453 Km² e estende-se em grande parte pela região Nordeste, que de acordo com MAIA (2004) é uma região repleta de belezas naturais, composta por vários ecossistemas, em que se encontra uma diversidade de plantas, animais e minerais que ofertam variedade de produtos à sociedade, todavia, por muito tempo foi um bioma esquecido, por ser considerado pobre em vegetação, pelo fato de fazer parte de uma região semiárida, onde a água é um fator limitante (GIULIETTI *et al.*, 2004).

Segundo Maia *et al.* (2017), a vegetação da Caatinga é formada, sobretudo por plantas xerófitas, como árvores baixas e arbustos que podem conter espinhos tendo como exemplo os cactos. Giuliette *et. al* (2004) mostraram uma lista de espécies endêmicas, onde consta a existência de 318 espécies que estão subdivididas em 42 famílias, entre as quais se destacam como de suma importância a família Leguminosae com cerca de 80 espécies, Cactaceae com 41 espécies, Euphorbiaceae (17 espécies), Malvaceae (15 espécies) e Bromeliaceae (14 espécies).

Assim como em todos os biomas essas espécies estão sujeitas as condições ambientais, que pode contribuir para a ação de microrganismos xilófagos, contudo, cada espécie possui o seu próprio mecanismo de defesa para resistir a esse tipo de microrganismo, uma resistência natural que pode ser resultante de fatores como quantidade de extrativos e densidade da madeira.

A madeira tem uma resistência natural que pode ser medida de acordo com a sua capacidade de resistência ao apodrecimento (PAES, 2002), e ainda que possua uma resistência natural, ela não pode ir contra as intempéries que favorecem tais condições para o ataque dos microrganismos.

Os fungos são microrganismos xilófagos considerados de importância econômica para todo o mundo (OLIVEIRA; TOMAZELLO FILHO; SILVA, 2005), em especial, os fungos apodrecedores, pois estes ganham destaque devido ao prejuízo que causam ao atacar produtos madeireiros em uso. As madeiras que têm uma boa resistência a esses microrganismos acabam tendo maior valor de mercado, pois são mais aproveitadas, ampliando assim o seu uso (OLIVEIRA, *et al.* 2005).

Este trabalho teve como objetivo avaliar a resistência da madeira de *Piptadenia moniliformis* (Catanduva) ao ataque de fungos causadores de podridão branca e parda em condições de laboratório.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Catanduva

A *Piptadenia moniliformis* Benth., espécie natural da região Nordeste do Brasil, conhecida popularmente como Catanduva, Angico de Bezerro, Catanduba, entre outros nomes comuns, é uma espécie arbórea pertencente à família Leguminosae (MAIA., 2004), subfamília Mimosoideae (AZERÊDO, 2009).

Os indivíduos da espécie podem atingir alturas de 4 a 9 metros. É uma espécie pioneira, de rápido crescimento, muito usada nos reflorestamentos heterogêneos com objetivos preservacionistas (AZEREDO *et al.*, 2010; BENEDITO *et al.*, 2011). O seu tronco é tortuoso e sem espinhos, as folhas são bipinadas e compostas, o fruto é uma vagem, e suas sementes têm formato oval (AZERÊDO, 2009).

Sua madeira pode ser utilizada na construção civil em pequenas obras, na marcenaria, podendo ser usada também para cabo de ferramentas, lenha e carvão (LORENZZI, 2002).

A Catanduva é tida como uma madeira pesada que possui densidade média em torno de 0,84 g/cm³ com grã reversa, resistência mecânica média e vista como uma espécie de durabilidade natural boa (NASCIMENTO *et al.*, 2015).

Porém, a presença de agentes, sendo eles físico, químico ou biológico, pode resultar em mudanças nas propriedades físico-químicas da madeira, ocasionando o seu apodrecimento (SILVA, 2007; PAES, 2002).

2.2. Microrganismos Xilófagos

O apodrecimento da madeira se dá devido a processos que ocasionam mudanças nas suas propriedades físico-químicas, que pode ser estimulada pela presença de agentes físicos, químicos e biológicos (ZABEL; MORRELL, 1992; PAES, 2002; LAZAROTTO *et al.*, 2016). Os agentes biológicos que causam apodrecimento na madeira são conhecidos como microrganismos xilófagos, como fungos que tem a capacidade de degradar os polímeros da madeira ao ponto de transformarem em moléculas menores (MENEZES; BARRETO, 2015).

Segundo Bergamin Filho e Amorin (2011 apud SILVA 2011) são constituídos de um numeroso grupo de organismos, sendo diferentes filogeneticamente proporcionando uma maior importância tanto ecológica quanto econômica, e por serem heterogêneos, os fungos estudados formam um reino a parte.

Dentre os fungos considerados xilófagos, eles podem ser agrupados de acordo com o tipo de ataque causado na madeira: (1) **Fungos emboloradores e manchadores**, são capazes de modificar a superfície da madeira conhecidos popularmente como bolor, e, ou, manchas na

parte mais interna do alburno da madeira em razão do pigmento presente nas hifas, ou de pigmentos liberados por meio dos fungos. Na madeira as propriedades mecânicas não sofrem muitas modificações por que esses fungos não possuem complexos enzimáticos preparados para degradar os polímeros presentes, pois, eles só usufruem de substâncias fáceis de assimilar existentes nos lúmens celulares, assim como açúcares simples, amido e gorduras; (2) **Fungos Apodrecedores** conseguem alterar as propriedades físicas e mecânicas da madeira deteriorando as moléculas constituintes da parede celular (SILVA, 2011).

2.3 Podridão

As podridões branca e parda são causadas por fungos que pertencem a família dos Basidiomicetos. Na podridão parda, os fungos são responsáveis por metabolizar a celulose e polioses que estão na parede celular mediante a atividade enzimática, possibilitando que a lignina permaneça intacta, o que resulta na coloração pardacenta, pois, os fungos causadores dessa podridão não possuem enzimas que degradem a lignina (GUIMARÃES.; ROSA; CASTRO, 2018). Geralmente ela pode estar associada a decomposição de coníferas, mas alguns foram isolados de madeiras duras, que são as angiospermas (CULLEN, 2014).

A podridão parda após atacar a celulose e hemicelulose, deixa resíduos amorfo, marrom e quebradiço, um tipo de lignina modificada que se diferencia por causa da quantidade reduzida de metoxila e uma maior solubilidade (SANTOS, 2018; KELLEY; JELLISON; GOODELL, 2002).

Os seus resíduos são ricos em fenil hidroxilados, que é um derivado da catechol, em razão do resultado da desmetilação ou desmetoxilação de metoxila, dispondo de uma oxidação na cadeia lateral reduzida. Essa oxidação se dá em razão do ataque de lignocelulose pela podridão parda. Depois desse ataque a madeira fica quase que destituída de hemicelulose, devido a despolimerização e a eliminação da celulose pela lignina residual, uma redução na quantidade de metoxila e um aumento das hidroxilas aromáticas e do teor de oxigênio (KELLEY; JELLISON; GOODELL, 2002). A madeira além de apresentar cor mais escura, tem também rachaduras no momento em que estiver seca (SANTOS, 2018).

Ao contrário da podridão parda, a podridão branca é ocasionada por fungos que são muito eficientes em deteriorar a lignina, e essa capacidade única de degradar completamente o componente é geralmente vista como uma estratégia para obter acesso aos polímeros de carboidratos das células vegetais da parede, sendo utilizada como fontes de carbono e energia. (SCHWARZE, 2007; VALETTE *et al.* 2017; AUST, 1995).

A lignina é um heteropolímero presente na parede celular, complexo, que não apresenta regularidades estereoquímicas e tem a função, entre outras, de barreira celular a fim de evitar o ataque realizado pelos microrganismos. Porém, os agentes causadores da podridão branca têm a capacidade de deteriorar a lignina para alcançar os polímeros de carboidratos presentes na parede celular a fim de se utilizar da energia fornecida por esses açúcares, resultando em enzimas de carbono-ativo, conhecidas como “enzimas CAZY” (SCHWARZE, 2007; VALETTE *et al.* 2017; AUST, 1995).

Os fungos causadores dessa podridão são vistos como organismos vigorosos com uma boa resistência a ambientes de alta toxicidade, pois suas enzimas são capazes de destruir a maior parte dos anéis aromáticos presentes na lignina (AUST, 1995).

Segundo Schmidt (2006) e Culen (2014), há tipos distintos de fungos causadores da podridão branca, os que degradam concomitantemente a lignina e a celulose e aqueles que preferem degradar a lignina e as polioses para só depois degradar a celulose.

Esses microrganismos atacam em especial a madeira das folhosas também conhecidas como angiospermas em razão do tipo de substrato e das células de parênquimas existentes nessa espécie, visto que a um elevado teor de lignina nos espaços intercelulares (SCHWARZE, 2007).

O seu crescimento se dá no lúmen das células vegetais, com o aparecimento de várias hifas que podem vir a se espalhar através dos parênquimas dos raios e pontuações dos vasos nas folhosas. Todavia, nas coníferas, além atingir os parênquimas dos raios pode chegar aos canais resiníferos. O acesso das hifas entre as células pode acontecer através das perfurações, das pontuações ou fendas na parede celular resultante do nível de decomposição em que a madeira se encontra, sendo que a maneira em que o ataque acontece pode variar de acordo com as diferentes cepas dos fungos de podridão branca, contudo, devido a oxidação provocada na lignina a madeira adquire uma aparência mais esbranquiçada e até mesmo amolecida nos estágios mais críticos (GUIMARÃES.; ROSA; CASTRO, 2018).

Dentre os fungos pertencentes a família dos basidiomicetos há diferentes ordens, como por exemplo temos a ordem Agaricales, com o cogumelo comestível *Pleurotus ostreatus* (Jacq. Fr) Kummer, conhecido pela sua eficácia como biodecompositor de celulose. Outra ordem é a Russulales, em que o fungo *Heterobasidion annosum*, pode mover o magnésio de exterior para a madeira (SCHMIDT, 2006).

A ordem Poripolales se caracteriza pela ocorrência de uma maneira cosmopolita (GIBERTONI, 2004), dos seus fungos como *Pycnoporus cinnabarinus* (L. ex Fr.) Murr. e

Schizophyllum commune (Fr.) Fr. O *Pycnoporus sanguineus*, pertence a esta mesma ordem e é encontrado em florestas tropicais, conhecido popularmente como orelha de pau, pois se prende na madeira para se alimentar da mesma (GARCIA, 2006).

2.4. Resistência da Madeira a Microrganismos xilófagos

A descoloração e deterioração provocada pelo ataque de fungos são relevantes, quando o assunto envolve a produção da madeira a nível comercial, pois, essa deterioração afeta diretamente o valor comercial da madeira, com perdas de 15% a 25% do valor da árvore e 10% a 15% do valor dos produtos da madeira durante o período de estocagem e uso (KELLEY; JELLISON; GOODELL, 2002).

A madeira possui uma resistência natural, que pode ser medida de acordo com a sua capacidade de resistência ao apodrecimento, que compreende a sua tolerância a ação de agentes biológicos, físicos e químicos (PAES, 2002), variando conforme as condições locais de umidade e temperatura que influenciam na velocidade da deterioração, podendo acelerar ou retardar o processo, visto que, pode se degradar de forma mais rápida em áreas quentes e úmidas, beneficiando a deterioração biológica, resultado da atuação de microrganismos como fungos e Bactérias (SILVA *et al.* 2005)

Segundo Paes (2002), a resistência da madeira pode se referir a presença de substâncias no lenho como compostos fenólicos, podendo vir a ser tóxico a alguns fungos e insetos xilófagos e a presença de outras substâncias como os taninos. O mesmo autor diz que as espécies arbóreas que têm um rápido crescimento tendem a ter uma menor resistência natural.

Cada espécie possui uma constituição química diferente, e as vezes há essa variação até mesmo entre as células. Essa constituição pode ser determinante na resistência da madeira ao ataque desses microrganismos xilófagos. Na madeira nem sempre é possível definir a diferença entre cerne e alburno, contudo, fisiologicamente, o alburno é mais susceptível ao ataque desses microrganismos do que o cerne, visto que armazena um material nutritivo, enquanto que o cerne não tem esse material, porém, contém a presença de extrativos que funcionam como substâncias inibidoras ou até mesmo tóxicas (SILVA, 2007)

Dentre os fungos que causam a deterioração na madeira é importante enfatizar os que pertencem a classe conhecida como Basidiomicetos, na qual encontramos os fungos causadores da podridão parda e da podridão branca, e os mesmos, apresentam características enzimáticas específicas no que diz respeito a decomposição dos elementos primários da

madeira. A primeira podridão citada decompõe os polissacarídeos da parede celular fazendo com que a madeira apresente coloração pardacenta, enquanto a segunda podridão além de atacar os polissacarídeos também atinge a lignina, resultando numa coloração mais clara (SILVA, 2014; OLIVEIRA, 2005).

Os fungos iniciam a colonização partindo do interior da madeira onde as suas hifas começam a formar uma rede, não é perceptível a olho nu, e vai se expandindo-se no lúmen das células, movimentando-se de uma célula para outra por meio da parede celular, sendo capaz de destruir a estrutura da lamela média e ocasionar uma modificação na composição química da madeira, diminuindo assim, a massa e a resistência mecânica do material (FERREIRA *et al.*, 2017; PEREIRA, 2017).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Obtenção do material

O material utilizado neste estudo foi coletado em uma área manejada na região de Grossos, RN. Um indivíduo da espécie *Piptadenia moniliformis* (Catanduva), selecionado de forma aleatória com diâmetro de aproximadamente 27 cm de DAP foi abatido, transformado em toretes de 1,0 m de comprimento e transportados para o Laboratório de Tecnologia da Madeira da UFERSA, Mossoró – RN, para obtenção dos corpos de prova,

A madeira da espécie do *Pinus* sp. foi utilizada como testemunha. Uma tábua da espécie, com dimensões nominais de 2,0 x 2,5 x 2,5 m (espessura x largura x comprimento), foi obtida em uma madeireira localizada no município de Mossoró, RN.

As madeiras de Catanduva e de *Pinus* foram reduzidas em corpos de prova de dimensões 2,5 x 2,5 x 2,0 cm no Laboratório de Tecnologia da Madeira da UFERSA, Mossoró - RN,

3.2 Ensaio de laboratório

O ensaio de apodrecimento acelerado foi conduzido no Laboratório de Tecnologia da Madeira e no Laboratório de Biotecnologia e Patologia Florestal na Universidade Federal Rural do Semi-Árido, em Mossoró-RN, seguindo a metodologia proposta pela norma American Society for Testing and Materials – ASTM D 2017 (ASTM, 2005) com alguns ajustes propostos pela ASTM D 1413 (ASTM, 1994).

3.3 Preparação dos corpos de prova

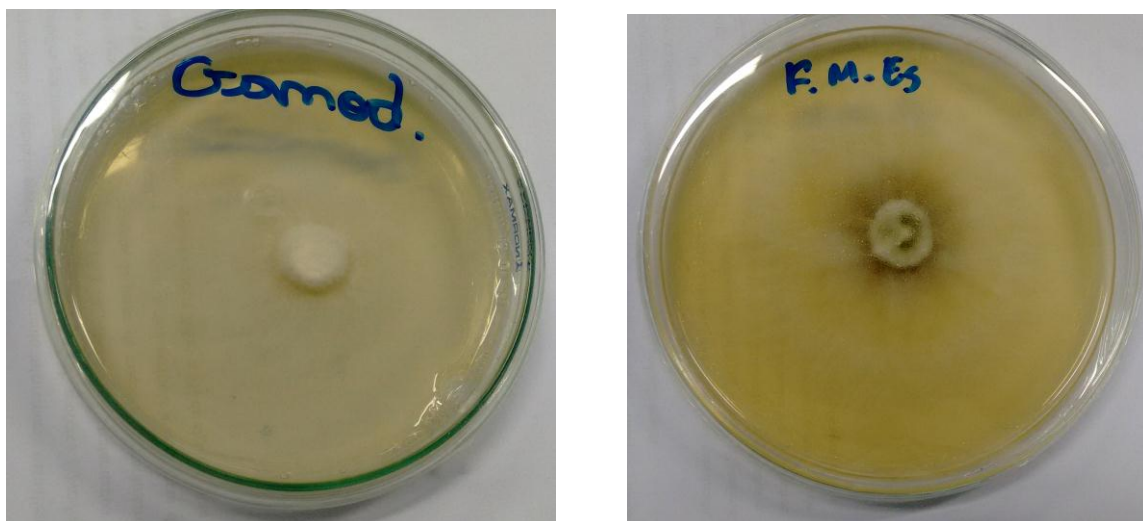
Previamente à instalação dos ensaios de laboratório, cerca de 60 corpos de prova de cada uma das espécies foram devidamente identificados e secos em estufa a 105°C, por 24 horas. Posteriormente foram pesados em balança analítica com precisão de 0,0001 g e o resultado registrado como massa inicial. Após a pesagem inicial, os corpos de prova foram esterilizados em autoclave, a 121°C durante 45 minutos. Foram selecionados três corpos de prova de cada espécie para determinar a densidade aparente. A densidade foi calculada através da relação entre peso, determinado em balança de precisão, e volume, determinado pelo método de imersão em água.

3.4 Fungos xilófagos e condições de ensaio

Foram empregadas duas espécies de fungos xilófagos *Ganoderma* sp., espécie causadora de podridão-branca; e *Daldinia* sp. espécie causadora da podridão parda. O *Ganoderma* sp. foi fornecido pelo laboratório de Biotecnologia e Patologia Florestal, sendo necessária apenas a sua repicagem. Já o *Daldinia* sp. foi coletado em uma área próximo ao Cemas (Centro de Multiplicações de Animais Silvestres), nas dependências da UFERSA. Posteriormente, o fungo foi levado ao laboratório para ser isolado e repicado até obtenção de uma cultura pura.

Os fungos foram repicados em placas de Petri, com 90 mm de diâmetro, contendo 20 mL de meio de cultura BDA (batata, dextrose, ágar) sólido. Após o preparo, o meio foi esterilizado em autoclave a 121°C por 45 minutos e em seguida vertido em placas de Petri. Para cada espécie de fungo foram inoculadas 10 placas de Petri. O inóculo consistiu em um disco de 1 cm de diâmetro contendo o micélio do fungo, retirado de uma “placa-mãe”, mantida sob refrigeração a 28°C, sendo levado a B.O.D durante duas semanas, para o crescimento do micélio (figura 1).

Figura 1. Fungos *Ganoderma* sp.(esquerda) e *Daldinia* sp.(direita) mantidos *in vitro*.



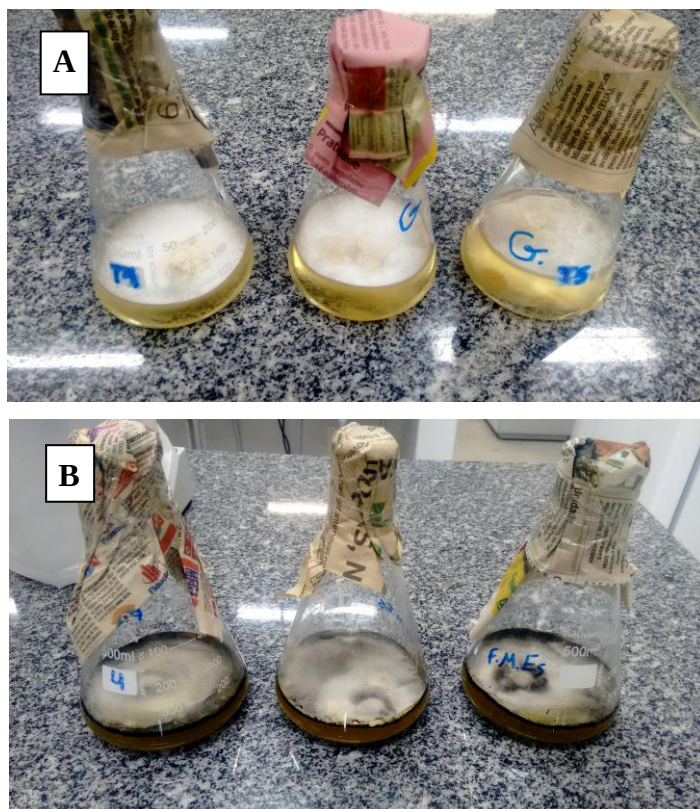
Fonte: A autora (2020)

Posteriormente, para cada espécie de fungo foram selecionadas quatro placas, com bom crescimento, para servirem como fonte de inóculo para as culturas em meio líquido. Na cultura em meio líquido foram utilizados frascos Erlenmeyer de 250 mL de capacidade total, contendo 150 mL de meio feito apenas com batata e dextrose. Para cada espécie de fungo foram preparados quatro frascos. Cada frasco foi inoculado com dois discos de 1 cm de

diâmetro, contendo o micélio retirado da borda de crescimento de uma das placas de Petri previamente selecionada.

Após a inoculação, os frascos de Erlenmeyer permaneceram na B.O.D até o micélio recobrir totalmente a superfície do meio de cultura (três semanas). No momento da inoculação dos frascos de ensaio, foi selecionado um Erlenmeyer com meio líquido para cada espécie de fungo, para servir de fonte de inóculo (figura 2). O meio de cultura foi drenado e o micélio transferido para a jarra de um liquidificador doméstico. Acrescentou-se 100 mL de água destilada e esterilizada no copo do liquidificador, e em seguida o micélio foi fragmentado por 20 segundos na velocidade máxima do aparelho. O copo do liquidificador foi previamente esterilizado (utilizando hipoclorito) por dupla lavagem com álcool.

Figura 2. Inóculo em meio líquido: (a) *Ganoderma* sp. e (b) *Daldinia* sp.



Fonte: A autora (2020)

3.5 Ensaio

Para condução do ensaio foram utilizados frascos de vidro transparente, com boca larga, tampa rosqueável e capacidade de 50 mL, contendo 30 g de solo (horizonte B textural), livre de matéria orgânica. O solo recebeu adição prévia de calcário, para elevar o pH a 6,0. A umidade do solo foi ajustada para 130% da capacidade de campo, com adição de água

deionizada. Os frascos foram esterilizados em autoclave a 121°C por 45 minutos. No interior de cada frasco de ensaio, colocou-se sobre o solo uma placa de suporte (*feeder strips*) de 3,0 x 3,0 x 0,3 cm, para o desenvolvimento inicial do fungo. Foram utilizadas placas suporte feitas de MDF (figura 3).

Os frascos foram preparados uma semana antes da inoculação, durante o período de crescimento dos fungos em meio líquido. O número de frascos preparados e inoculados foi 30% superior à quantidade prevista para ser usada no ensaio. Assim, apenas os frascos que visualmente apresentavam o melhor crescimento do micélio e estavam livres de contaminações, foram selecionados para receberem os corpos de prova. Cada frasco foi inoculado com 1 mL de meio de cultura, contendo o micélio fragmentado, depositado diretamente sobre a placa suporte. Após a inoculação, os frascos permaneceram na câmara de germinação por três semanas, para o crescimento do micélio sobre a placa suporte.

Figura 3. Frasco com fungo inoculado em placa de suporte de MDF sobre solo com pH ajustado.



Fonte: A autora (2020)

Após a colonização das placas de suporte, introduziu-se um corpo de prova em cada frasco de ensaio (figura 4), os quais permaneceram na câmara de germinação em contato com os fungos por 18 semanas.

Figura 4. Corpo de prova de *Pinus* sp. posicionado sobre placa de suporte já colonizada.



Fonte: A autora (2020)

3.6 Blocos de correção

Para cada espécie florestal avaliada (*Piptadenia moniliformis* e *Pinus* sp.), 20 corpos de prova foram introduzidos em frascos de ensaio não inoculados (sem fungos), recebendo o mesmo tratamento e manipulação dos demais. Os blocos de correção têm o objetivo de determinar a perda de massa resultante da manipulação dos corpos de prova e oscilações no teor de umidade antes e após o ataque e, portanto, serviram para determinar a perda de massa causada por outras ações, não atribuídas aos fungos.

3.7 Determinação da perda de massa

Para avaliar a perda de massa em função da ação dos microrganismos, determinou-se a perda de massa individual (P_{mi}) com base nos valores de massa inicial (M_i) e massa final (M_f) de cada corpo de prova. Em seguida, calculou-se a perda de massa média do tratamento (P_{mt}). A partir da diferença deste com a perda de massa dos blocos de correção (P_{mbc}), obteve-se a perda de massa final (P_m) de cada tratamento. Com base na P_{mt} , a madeira das espécies fora classificada quanto à resistência ao ataque dos fungos, segundo os critérios estabelecidos da ASTM D-2017:05. Foi calculado também a densidade aparente, que é a razão entre a massa seca e o volume por meio do método de imersão.

Tabela 1. Classificação de Perda de Massa

Perda de Massa (%)	Massa Residual (%)	Categoria indicada de resistência a um fungo específico testado
0 a 10	90 a 100	Altamente resistente
11 a 24	76 a 89	Resistente
25 a 44	56 a 75	Moderadamente resistente
45 ou mais	55 ou mais	Pouco ou não resistente

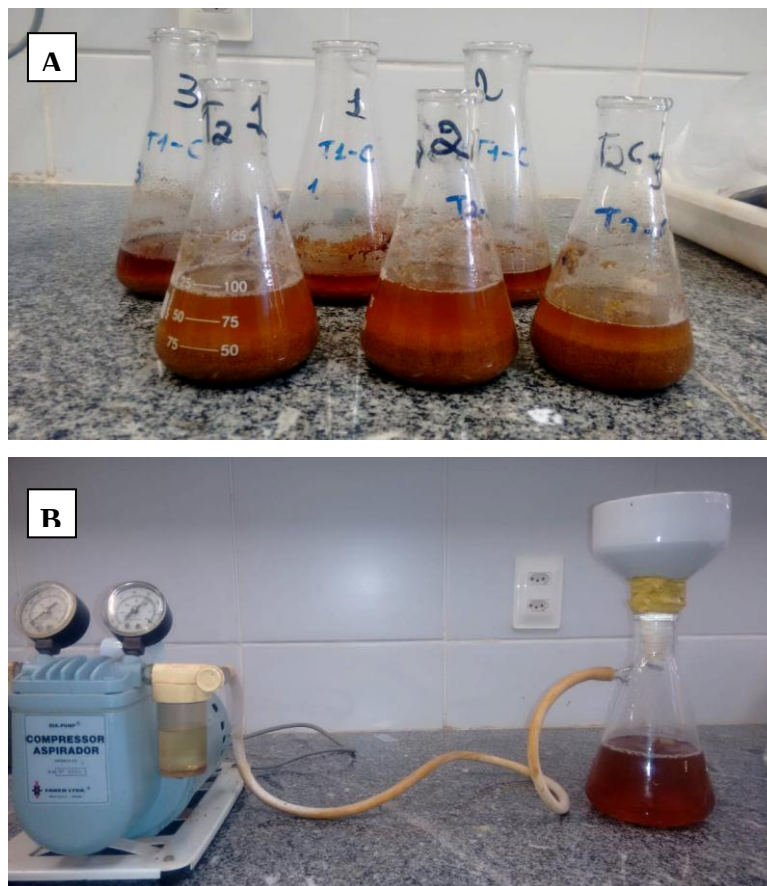
Fonte: ASTM D 2017 (2005)

3.8 Solubilidade de NaOH a 1%

A solubilidade em NaOH mede a quantidade de polissacarídeos de baixo peso molecular, ou seja, polioses e celulose degradada. Para avaliar o teor de degradação da celulose causado pelos fungos, foram avaliados a solubilidade em meio alcalino antes e após o ataque, sendo seguido a norma TAPPI T 212 (2002).

Foi adicionado 100 mL da solução de NaOH 1% dentro de um Erlenmeyer e agitado com uma haste de vidro, depois foi colocado em banho maria com temperatura entre 97°C a 100°C durante 60 minutos, cuidando para que a água ficasse acima do nível da solução (figura 5a). Após este período, o material foi transferido para um cadinho de filtração (figura 5 b) e lavado com 100 mL de água quente, e em seguida colocado 25 mL de ácido acético 10% deixando por um minuto para ser absorvido, posteriormente foi retirado e depois colocado novamente o ácido acético deixando pelo mesmo tempo para depois lavar o material até retirar todo o ácido. Para finalizar, o material foi levado para secar em estufa a $105 \pm 3^\circ\text{C}$ até atingir o seu peso constante, para depois ser transferir a um dessecador e ser pesado.

Figura 5. Extração em solubilidade de NaOH 1% para a madeira de Catanduva: (a) material após sair do Banho Maria e (b) processo de filtragem.



Fonte: A autora (2020)

3.9 Análise estatística

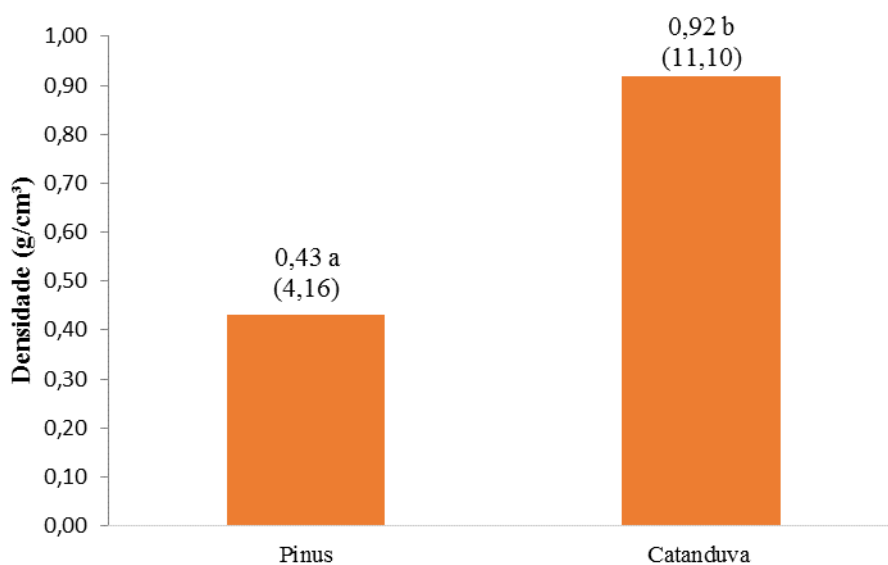
O experimento foi instalado segundo o delineamento inteiramente casualizados (DIC), com 20 repetições por tratamento, bifatorial: espécies de madeira *Piptadenia moniliformis* e *Pinus* sp. x espécies de fungos *Ganoderma* sp. e *Daldinia* sp. (2 x 2), totalizando 4 tratamentos e, portanto, 120 corpos de prova.

As porcentagens de perda de massa e os teores de extrativos solúveis em NaOH 1% foram submetidos à análise de variância para verificar a existência de diferenças significativas, pelo teste de F, e aplicado o teste Tukey a 5% de significância.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na figura 6, pode-se observar os valores médios de densidade das madeiras de *Piptadenia moniliformis* e de *Pinus* sp. ($0,92 \text{ g/cm}^3$ e $0,43 \text{ g/cm}^3$, respectivamente). Os valores apresentaram diferença estatística, sendo que a madeira de *Piptadenia moniliformis* foi estatisticamente superior à da espécie *Pinus* sp.

Figura 6. Valores médios de densidade da madeira para as espécies *Pinus* sp. e *Piptadenia moniliformis*. Colunas seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente; valores em parênteses referentes ao coeficiente de variação em %.



Fonte: A autora (2020)

De acordo com os resultados apresentados nesse trabalho a *Piptadenia moniliformis* é uma madeira considerada pesada, ou seja, com poucos espaços porosos. Madeiras com alta densidade geralmente apresentam uma maior resistência natural a ação de microrganismos deterioradores.

Santos (2019) apresentou resultado médio inferior ao deste trabalho, para densidade de *Piptadenia moniliformis* ($0,75 \text{ g/cm}^3$), sendo que o autor mediu a densidade básica, que se trata da relação entre a massa seca, com umidade em 0% e o volume saturado em água, enquanto que a densidade realizada nesse trabalho foi a aparente, que é a relação entre a massa e o volume determinado nas mesmas condições de umidade (REZENDE; ESCOBEDO; FERRAZ, 1988).

Ao avaliar a densidade de espécies nativas da caatinga, Santos (2018) constatou que a Jurema-Preta (*Mimosa tenuiflora* (Mart.) Benth.) e Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth) obtiveram valores um pouco acima de 0,80 g/cm³, valor aproximado ao encontrado na Catanduva.

Por sua vez, Okino *et.al* (2007) apresentaram um valor de densidade básica de *Pinus* sp. de 0,39 g/cm³, próximo ao valor encontrado neste trabalho. Mendes *et al* (2002) relataram valores de diferentes espécies de *Pinus* em que suas densidades variaram de 0,37 g/cm³ a 0,43 g/cm³, que indica que o material usado neste trabalho é de uma densidade considerada alta para a espécie.

Na tabela 2 é possível perceber a perda de massa da espécie *Piptadenia moniliformis* e *Pinus* sp., atacadas e não atacadas pelos fungos de podridão branca e parda, resultantes do ensaio de apodrecimento acelerado em laboratório.

Tabela 2. Valores médios de perda de massa para as espécies *Pinus* (*Pinus* sp.) e Catanduva (*Piptadenia moniliformis*) sem inoculação de fungo e atacada por fungos causadores de podridão branca e podridão parda

Espécie	Testemunha	Podridão Branca	Podridão Parda
<i>Pinus</i> sp.	0,35 a A	3,70 b A	1,45 ab A
	(43,13)	(89,15)	(47,88)
<i>Piptadenia moniliformis</i>	0,12 a A	8,57 b B	7,12 b B
	(63,90)	(64,43)	(50,06)

Sendo: valores entre parêntesis são coeficiente de variação (%). Letras minúsculas, comparadas em linhas, e maiúsculas, em coluna, semelhantes não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey (p>0,05).

Fonte: A autora (2020)

As perdas de massa causadas pelo ataque do fungo causador da podridão branca, em ambas as espécies de madeira, foram estatisticamente superiores às perdas apresentadas por suas respectivas testemunhas. Já para o ataque do fungo causador da podridão parda, não foi observada diferença estatística entre a perda de massa da madeira de *Pinus* inoculada e sua testemunha.

A resistência da madeira de *Pinus* ao ataque do fungo causador da podridão parda não está de acordo com outros trabalhos apresentados na literatura. Por exemplo, Carvalho *et al.* (2015) apresentaram uma perda média de massa de 54,63% em relação a espécie *Pinus* sp.

causada por fungo de podridão parda. Okino et al. (2007) constataram uma perda de massa em chapas de *Pinus* de 30,10% quando atacado pelo mesmo basidiomiceto.

Porém, Silva et al. (2007), em seu trabalho com *Pinus* sp. submetido ao apodrecimento acelerado em laboratório, obtiveram valores inferior a 3%, sendo considerados incipientes, apesar da espécie atacada ser susceptível ao ataque de podridão parda. Os mesmos autores apresentaram também resultados de perda de massa em madeira de *Pinus* sp. atacada pela podridão branca entre 5,9 à 9,8%, valor também superior aos apresentados neste trabalho.

Apesar da madeira de *Piptadenia moniliformis* ser considerada uma madeira pesada e possuir uma alta densidade, ela obteve maior perda de massa tanto quando atacada pela podridão parda quanto pela branca. Este fenômeno não está de acordo com alguns pesquisadores que associam a densidade da madeira a resistência ou não destas a microrganismos xilófagos. Por exemplo, Camargo et al. (2019) atribuíram a resistência das madeiras aos fungos com valores de densidade encontrados na literatura.

Já Silveira (2018) submeteu cinco espécies da Caatinga ao ataque de podridão branca e parda, na qual quatro espécies foram classificadas como altamente resistentes e resistente. O mínimo de perda de massa foi 2,49% e a máxima de 17,44%, causado pela podridão branca, enquanto que na podridão parda, a perda foi de 3,77% e 12,41%. Dentre as espécies utilizadas, a Catanduva obteve resultados superior ao mínimo e inferior ao máximo.

Paes (2007) em seus resultados, mostra que as espécies da Caatinga que obtiveram maior resistência aos microrganismos da classe dos basidiomicetos foram a Jurema Preta e o Sabiá. Estas espécies apresentaram resultados de perda de massa inferiores ao da Catanduva. Esse resultado também se repetiu no trabalho de Melo (2006). Tal diferença pode vir a ser relacionada com a densidade dessas madeiras, tendo em vista que o Sabiá e a Jurema Preta possuem densidade superior à da Catanduva.

Santos (2018) constatou que as madeiras de Jurema Preta, Sabiá e Pereiro foram consideradas altamente resistentes ao ataque de fungos de podridão parda, assim como mostrado nesse trabalho com a espécie *Piptadenia moniliformis*.

É possível observar que as espécies *Piptadenia moniliformis* e *Pinus* sp. de acordo com a classificação apresentada na tabela 1, são altamente resistentes ao apodrecimento acelerado, pois, conforme o teste de tukey a 5%, mesmo ocorrendo diferenças estatísticas entre as espécies, a perda de massa se manteve dentro dos 10%.

Na Tabela 3 é apresentada a análise de variância dos valores obtidos na extração em NaOH a 1%. Foi observada interação de Espécie*Fungo significativa, valor de (Pr>Fc) menor

do que 0,05, sendo necessário realizar os desdobramentos de espécies de fungo dentro das espécies de madeira e vice-versa.

Tabela 3. Análise de Variância de extração em solubilidade NaOH 1% para as espécies Pinus e Catanduva inoculadas com fungos causadores de Podridão Branca e Parda.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Espécie	1	110,253067	110, 253067	189, 316	0, 0000
Fungo	3	70,857567	23, 619189	40, 557	0, 0000
Espécie*Fungo	3		8, 537300	14, 059	0, 0001
Erro	16	9,318000	0, 582375		
Total corrigido	23	216, 040533			
CV (%) =	3,20	216, 040533			
Média geral:	23, 87166667	Número de	24		
		observações:			

Fonte: A autora (2020)

Na tabela 4 observa-se os valores médios de solubilidade em NaOH% para as amostras de Catanduva e Pinus atacadas por *Ganoderma* sp. e *Daldinia* sp. e suas respectivas testemunhas.

Tabela 4. Valores médios de extração em solubilidade NaOH 1% para as espécies Pinus (*Pinus* sp.) e Catanduva (*Piptadenia moniliformis*) em madeira não atacada (sem tratamento), e inoculadas com fungos causadores de Podridão Branca (PB) e Parda (PP).

Espécie	Testemunha	PB	PP
<i>Pinus</i> sp.	21,50 aA (1,83)	23,74 bA (1,27)	21,37 aA (4,22)
<i>Piptadenia moniliformis</i>	23,52 aB (1,71)	29,75 bB (2,65)	21,37 aA (6,39)

Sendo: letras minúsculas comparar na horizontal e maiúscula na vertical. Coeficiente de variação entre parêntesis. Valores submetido ao teste de tukey (p>0,05).

Fonte: A autora (2020)

De acordo com os resultados apresentados acima, pode-se perceber que a porcentagem de extrativos solúveis em NaOH 1%, carboidratos de baixo peso molecular, aumentou para as

madeiras de Pinus e a Catanduva quando atacada pela podridão branca. Este aumento indica que os polímeros de celulose foram quebrados em moléculas menores pelo *Ganoderma* sp., tornando as duas espécies mais solúveis. Desta forma, a solução extraída passou a se formar não só do componente fundamental hemiceluloses presentes na estrutura das espécies, mas também com uma parte de moléculas de celulose degradada.

O resultado esperado era que a espécie Pinus sp., por ser uma conífera, fosse mais susceptível ao ataque do fungo causador da podridão parda, tendo em vista a preferência desse grupo de fungos por madeiras desse tipo. Entretanto, a espécie Piptadenia moniliformis obteve resultados superiores.

É possível que esse resultado tenha se dado em razão do fungo utilizado ter sido coletado na região da Caatinga, o qual desenvolveu algum tipo de especialização em relação a degradação das madeiras nativas. Desta forma, embora a madeira de Pinus seja tradicionalmente susceptível à deterioração, principalmente por fungos de podridão parda, pode ter se mostrado resistente por ser uma espécie que não ocorre naturalmente no bioma.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados obtidos, ambas as espécies, *Piptadenia moniliformis* e *Pinus* sp apresentaram uma boa resistência ao ataque dos fungos *Ganoderma* sp. e *Daldinia* sp, embora a madeira de Catanduva tenha se mostrado mais susceptível à deterioração do que a madeira de Pinus.

6. REFERÊNCIAS

- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – **ASTM D-2017**. Standard method for accelerated laboratory test of natural decay resistance for woods. Annual Book of ASTM Standards, Philadelphia, v.0410, p.5, 2005
- AUST, S. D. Mechanisms of degradation by white rot fungi. **Environmental health perspectives**, v. 103, n. 5, p. 59-61, 1995.
- AZERÊDO, G. A. **Qualidade fisiológica de sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth.** 2009.134 p. Faculdade De Ciências Agrárias E Veterinárias (Tese de Doutorado) - Universidade Estadual Paulista “Júlio De Mesquita Filho”, Jaboticabal-SP.
- AZERÊDO, G. A. *et al.* Superação de dormência de sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth. **Revista Brasileira de Sementes**, Jaboticabal-SP, v. 32, n.2, p. 49-58, Janeiro, 2010.
- BENEDITO, C. P. *et al.* Armazenamento de sementes de catanduva (*Piptadenia moniliformis* Benth.) em diferentes ambientes e embalagens. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina-PR, v. 33, n. 1, p. 28 - 37, 2011.
- CARVALHO, D. E. *et al.* Resistência natural de quatro espécies florestais submetidas a ensaio com fungos apodrecedores. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 2, p. 271-276, 2015.
- CAMARGO, T. F. C. *et al.* **Resistência natural das madeiras de *Liquidambar styraciflua* L. e *Pinus patula* Schltdl. & Cham ao ensaio de apodrecimento acelerado em laboratório.** 2019. 38 p. Centro de Ciências Rurais (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de Santa Catarina, Curitibaanos.
- GUIMARÃES, P. P.; ROSA, T. S.; CASTRO, V. G. Agentes com alta capacidade de degradação da lignina. In: CASTRO, V. G; GUIMARÃES, P. P. **Deterioração e Preservação da Madeira.** Mossoró: Edufersa, 2018, p. 55-65.
- CULLEN, D. Wood decay. In: MARTIN, F. **The Ecological Genomics of Fungi**, Oxford: John Wiley & Sons, 2014, p. 43-62.
- FERREIRA, F. *et al.* Otimização das condições de crescimento de fungos degradadores de madeira. Marupiara. **Revista Científica do CESP/UEA**, Paritins, n. 1, p. 24. maio. 2017.
- GARCIA, T. A. **Purificação e caracterização das lacases de *Pycnoporus sanguineus*.** 2006. 126 p. Departamento de Biologia Molecular (Tese de Doutorado) – Universidade de Brasília, Brasília.
- GIBERTONI, T. B. **Aphylophorales (Basidiomycotina) em áreas de Mata Atlântica do nordeste brasileiro.** 2004. 277 p. Centro de Ciências Biológicas (Tese de Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco.

- GIULIETTI, A. M. *et al.* Diagnóstico da vegetação nativa do bioma Caatinga. In: GIULIETTI, A. M. *et al.* **Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação**. Brasília: MMA, 2004. p. 45-90.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2004. **Mapa de Biomas do Brasil, primeira aproximação**. Rio de Janeiro: IBGE. Disponível em <www.ibge.gov.br> Acesso em 14 de janeiro de 2020.
- KELLEY, S. S.; JELLISON, J.; GOODELL, B. 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**, Orono, v. 209, n. 1, p. 107-111. 2002.
- LAZAROTTO, M. *et al.* Identificação de fungos emboloradores em madeira de *Pinus* spp. em laboratório. **Floresta e Ambiente**, Porto Alegre-RS, v. 23, n. 4, p. 602-605, fevereiro. 2016.
- LEAL, I. R. *et al.* Mudando o curso da conservação da biodiversidade na Caatinga do Nordeste do Brasil. Megadiversidade, **Departamento de Botânica**. Pernambuco v. 1, n. 1, p. 139-146, julho. 2005.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. São Paulo: Nova Odessa, 2002. p. 197
- MAIA, G. N. **Caatinga árvores e arbustos e suas utilidades**. São Paulo: Ed. Leitura & Arte, 2004.
- MAIA, J. M. *et al.* Motivações socioeconômicas para a conservação e exploração sustentável do bioma Caatinga. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Campina Grande-PB, v. 41, p. 295-310, agosto. 2017.
- MELO, R. R.; PAES, J. B. Resistência natural de quatro madeiras do semi-árido brasileiro a fungos xilófagos em condições de laboratório. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 19, n. 2, p.169-175, abril/junho. 2006.
- MENDES, L. M. *et al.* *Pinus* spp. na produção de painéis de partículas orientadas (OSB). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 12, n. 2, p. 135-145, setembro. 2002.
- MENEZES, C. R.; BARRETO, A. R. Biodegradação de resíduos lignocelulósicos por fungos basidiomicetos: Caracterização dos resíduos e estudo do complexo enzimático fúngico. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v. 19, n. 2, p. 1365-1391, maio - agosto. 2015,
- NASCIMENTO, M. F. *et al.* Painéis OSB fabricados com madeiras da caatinga do nordeste do Brasil. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 15, n. 1, p. 41-48, janeiro/março. 2015.

- PEREIRA, M. C. F.; **Decomposição térmica e biológica de cavacos de *Eucalyptus urophylla***. 2017. 63 f. Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal (Dissertação de mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- OKINO, E. Y. A. *et al.* Biodegradação de chapas de partículas orientadas de pinus, eucalipto e cipreste expostas a quatro fungos apodrecedores. **Scientia Forestalis**. v. 74, p. 67-74. 2007.
- OLIVEIRA, J. T.; TOMAZELLO FILHO, M.; SILVA, J. C. Resistência natural da madeira de sete espécies de eucalipto ao apodrecimento. **Revista Árvore**, v. 29, n.6, p.993-998 2005.
- OLIVEIRA, J. T. S. *et al.* Influência dos extrativos na resistências ao apodrecimento de seis espécies de madeira. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 5, p. 819-826, setembro-outubro.2005.
- PAES, J. B.. Resistência natural da madeira de *Corymbia maculata* (Hook.) KD Hill & LAS Johnson a fungos e cupins xilófagos, em condições de laboratório. **Revista Árvore**, v. 26, n. 6, p. 761-767, 2002.
- PAES, J. B.; MELO, R. R.; LIMA, C. R. Resistência natural de sete madeiras a fungos e cupins xilófagos em condições de laboratório. **Cerne**, v. 13, n. 2, p. 160-169, abril/junho. 2007.
- REZENDE, M. A.; ESCOBEDO, J. F.; FERRAZ, E. S. B., Retratibilidade Volumétrica E Desensidade Aparente Da Madeira Em Função Da Umidade. **IPEF**, Botucatu-SP, p.33-40, ago.1988.
- SANTOS, C. P. S. **Estoque de energia da madeira de espécies florestais da Caatinga e análise técnica de sua utilização na queima de cerâmica vermelha**. 2019. 80 f. Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais (Dissertação de Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Macaíba.
- SANTOS, M. B. S. B. **Resistência natural da madeira de três espécies da caatinga a um fungo de podridão parda**. 2018. 49 p. Centro de Ciências Agrárias (Monografia) – Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró.
- SILVA, C. A. *et al.* **Análise da composição da madeira de *Caesalpinia echinata* Lam.(pau-brasil):** subsídios para o entendimento de sua estrutura e resistência a organismos xilófagos. 2007. 132 f. Instituto de Biologia (Tese de Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- SILVA, J. C. *et al.* Influência da idade e da posição radial na flexão estática da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden. **Revista Árvore**, v. 29, n. 5, p. 795-799, setembro-outubro. 2005.

- SILVA, L. F. **Capacidade de deterioração de cepas de Eucalyptus spp. por fungos xilófagos**. 2011. 78 f. Centro de Ciências Agrárias (Dissertação de Mestrado) - Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro.
- SILVA, L. F. *et al.* Deterioração da madeira de Eucalyptus spp. por fungos xilófagos. **Cerne**, v. 20, n. 3, p. 393-400, outubro. 2014.
- SILVEIRA, M. F. **Influência de metabólitos secundários de madeiras da Caatinga na resistência ao ataque de fungos apodrecedores**. 2018. 82 f. Departamento de Engenharia Florestal (Dissertação de Mestrado) – Universidade de Brasília, DF, Brasília.
- SCHMIDT, O. **Wood and tree fungi: biology, damage, protection, and use**. Berlin: Springer, 2006. 334p.
- SCHWARZE, F. W. M. R. Wood decay under the microscope. **Fungal Biology Reviews**, v. 21, n. 4, p. 133–170, 2007.
- TAPPI - Technical Association of the Pulp and Paper Industry. **TAPPI T 212 om-02**. One percent sodium hydroxide solubility of wood and pulp. Atlanta: Tappi Technology Park, 2002.
- VALETTE, N. *et al.* Antifungal activities of wood extractives. **Fungal Biology Reviews**, v. 31, n. 3, p. 113–123, junho. 2017.
- ZABEL, Robert A.; MORRELL, Jeffrey J. **Wood microbiology: decay and its prevention**. San Diego: Academic press, 2012.