

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS FLORESTAIS E DA MADEIRA

FERNANDA DALFIÔR MAFFIOLETTI

RESISTÊNCIA BIOLÓGICA DE PAINÉIS AGLOMERADOS HÍBRIDOS

JERÔNIMO MONTEIRO

ESPÍRITO SANTO

2021

FERNANDA DALFIÔR MAFFIOLETTI

RESISTÊNCIA BIOLÓGICA DE PAINÉIS AGLOMERADOS HÍBRIDOS

Monografia apresentada ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Industrial Madeireiro.

JERÔNIMO MONTEIRO

ESPÍRITO SANTO

2021

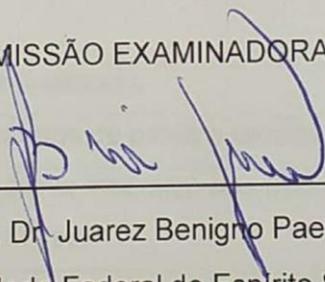
FERNANDA DALFIÔR MAFFIOLETTI

RESISTÊNCIA BIOLÓGICA DE PAINÉIS AGLOMERADOS HÍBRIDOS

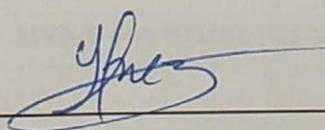
Monografia apresentada ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Industrial Madeireiro.

Aprovada em 7 de maio de 2021

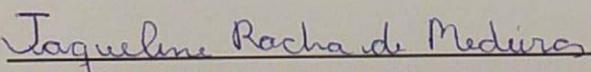
COMISSÃO EXAMINADORA



Prof. Dr. Juarez Benigno Paes
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientador



Dr. Yonny Martinez Lopez
Universidade Federal do Espírito Santo
Examinador



Jaqueline Rocha de Medeiros
Universidade Federal do Espírito Santo
Examinadora

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida e por me proporcionar saúde e sabedoria durante todo o caminho até aqui, em todos os momentos.

Aos meus amados pais, César e Giuçara, por tudo. Pelo apoio incondicional durante toda a vida, sempre me incentivando a buscar meus sonhos e não me deixando desistir. Mesmo com todas as dificuldades, nós conseguimos. Essa conquista também é de vocês.

À Universidade Federal do Espírito Santo, ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, ao Laboratório de Biodeterioração e Proteção da Madeira por terem me possibilitado realizar esse trabalho.

Ao professor e orientador Juarez Benigno Paes, pela amizade, paciência e orientação durante o desenvolvimento deste trabalho.

Ao meu irmão Júlio, minha cunhada Nayr e meu sobrinho Gabriel, agradeço todo apoio recebido. A todos os meus familiares, por todos os ensinamentos que levarei comigo para a vida toda.

Ao meu namorado Antonio Henrique, pela paciência em me ensinar, pelo companheirismo, pelo carinho e atenção, e por acreditar em mim, quando eu nem mesmo acreditava que seria capaz de realizar esse trabalho. Agradeço por ser meu parceiro durante esses anos, e não medir esforços para me ajudar em tudo, em especial na realização desse trabalho. Sem você teria sido tudo mais difícil.

A Jaqueline Rocha de Medeiros pela amizade, por me acolher no laboratório e me ajuda desde o começo desse trabalho. Você colaborou muito mais do que imagina, tanto para meu crescimento profissional, quanto pessoal. Tenho certeza que você será uma profissional brilhante. E ao Yonny Martínez Lopéz por suas sugestões e críticas.

Aos meus amigos de curso, principalmente Clara, Flávia, Gabriel, Katiúcia por todos esses anos juntos, pela amizade e por estarem comigo nos momentos difíceis.

A todos os professores, exemplos de profissionais, agradeço por toda o conhecimento e ajuda que me proporcionaram durante todo o curso.

A todas as pessoas, que de alguma forma contribuíram para que esse trabalho tenha sido realizado.

RESUMO

O painel aglomerado utilizando o adesivo a base de mamona é um produto promissor para a indústria de móveis e construção civil pois, além de ser sustentável, apresenta baixo custo e considerável resistência mecânica. Porém, pouco se sabe sobre a resistência desse painel a organismos xilófagos. Dessa forma, com o presente estudo objetiva-se determinar a resistência biológica do painel aglomerados produzido com partículas de pinus, bagaço de cana de açúcar e malva, a organismos xilófagos. O painel aglomerado híbrido foi produzido com madeira de pinus tratado termicamente a 200 °C e fibra de malva, com 2 mm de espessura (camadas externas) e núcleo de bagaço cana de açúcar triturado e peneirado, unido por poliuretano a base de mamona. Para o ensaio de resistência a organismos xilófagos realizaram-se o ensaio de preferência alimentar e alimentação forçada com térmitas de madeira seca (*Cryptotermes brevis*) e de solo (*Nasutitermes corniger*). Para o ensaio com fungos, foram utilizadas quatro espécies (*Gloeophyllum trabeum*, *Irpex lacteus*, *Rhodonía Placenta* e *Trametes versicolor*). Após as análises, o ensaio com térmitas de madeira seca apresentou baixas perdas de massa, não tendo diferenças entre os tratamentos. Para o ensaio com térmitas de solo, as perdas de massa foram acentuadas, sendo o painel composto por 100% pinus o mais resistente. Para a resistência a fungos, as maiores perdas de massa ocorreram para o fungo *Gloeophyllum trabeum*. O painel produzido com 100% pinus (camada externa) apresentou a maior resistência aos organismos xilófagos testados.

Palavras-chave: Ensaios biológicos; materiais lignocelulósicos; painéis reconstituídos; tratamento térmico.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1.O problema e sua importância	3
1.2.Objetivos.....	4
1.2.1.Objetivo geral	4
1.2.2.Objetivos específicos.....	4
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1.Painéis de madeira	5
2.2.Painel híbrido de Pinus taeda, cana-de-açúcar e fibra de malva.....	6
2.3.Modificação térmica	7
2.4.Resíduos e fibras lignocelulósicas	8
2.5.Ensaio biológicos	10
2.5.1.Fungos xilófagos	10
2.5.2.Térmitas	10
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	13
3.1.Procedência e obtenção do material.....	13
3.2.Ensaio de resistência dos painéis a fungos xilófagos	14
3.3.Ensaio de alimentação forçada com térmitas de madeira seca	16
3.4.Ensaio de preferência alimentar com térmitas de madeira seca	17
3.5.Ensaio de alimentação forçada com térmitas subterrâneas	18
3.6.Ensaio de preferência alimentar a térmitas xilófagas.....	20
3.7.Análise estatística dos resultados.....	21
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
4.1.Ensaio de resistência dos painéis a fungos xilófagos	22
4.2.Ensaio com térmitas de madeira seca	24
4.3.Ensaio com térmitas subterrâneas.....	25
5. CONCLUSÕES	28
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Composição dos painéis utilizados	13
Tabela 2.	Fungos xilófagos utilizados no experimento	14
Tabela 3.	Classificação da perda de massa dos corpos de prova submetidos ao ensaio.....	16
Tabela 4.	Avaliação do desgaste provocado pelas térmitas de madeira seca.....	17
Tabela 5.	Classificação do desgaste e mortalidade das térmitas.....	20
Tabela 6.	Perda de massa e classificação quanto a resistência a fungos xilófagos.....	22
Tabela 7.	Perda de massa, mortalidade e desgaste dos painéis causado pelas térmitas de madeira seca (alimentação forçada).....	24
Tabela 8.	Perda de massa e desgaste dos painéis causado pelas térmitas de madeira seca (preferência alimentar).....	25
Tabela 9.	Perda de massa, mortalidade e desgaste dos painéis causados pelas térmitas subterrâneas (alimentação forçada)	26
Tabela 10.	Perda de massa e desgaste dos painéis causados pelas térmitas subterrâneas (preferência alimentar)	27

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	A) plantio de malva em estágio de colheita e; B) preparação das fibras.....	9
Figura 2.	Cupim da família <i>Kalotermitidae</i> - Cupim de madeira seca (operário e soldado).....	12
Figura 3.	Cupins subterrâneos, Família <i>Rhinotermitidae</i> – <i>Coptoternes gestroi</i>	12
Figura 4.	Cupins arborícolas e de solo. Família <i>Termitidae</i> – <i>Nasutitermes corniger</i>	13
Figura 5.	Painel aglomerado híbrido composto de pinus, malva e com núcleo de cana de açúcar (espessura nominal).....	14
Figura 6.	Conjunto esterilizado com os alimentadores de <i>Pinus elliotti</i> ..	15
Figura 7.	(A) Corpos de prova preparados para o ensaio de alimentação forçada e (B) Térmitas de madeira seca no interior do recipiente de PVC.....	16
Figura 8.	Ensaio em sala climatizada.....	17
Figura 9.	Disposição dos corpos de prova e térmitas na bandeja.....	18
Figura 10.	(A) Corpos de prova inseridos nos frascos e (B) corpos de prova sob ataque de térmitas.....	19
Figura 11.	Colônia sobreposta aos corpos de prova (A) e corpos de prova a 5 cm da camada de areia (B).....	21
Figura 12.	Visualização do ataque dos fungos nos painéis.....	23

1. INTRODUÇÃO

O crescimento populacional, o avanço tecnológico e a demanda por produtos madeireiros, potencializou a implantação de plantios florestais para o abastecimento do mercado (FAGUNDES, 2003). As variadas características e funcionalidades da madeira permitiram que ela fosse utilizada, ao longo da história humana, para as mais diversas finalidades, como arma, utensílios, moradia e energia (BENEVENTE, 1995).

Esse aumento da demanda por matéria-prima de origem florestal fez com que o setor florestal brasileiro atingisse, atualmente, 7,83 milhões de hectares de florestas plantadas, principalmente dos gêneros de *Pinus* e *Eucalyptus* (INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES – IBÁ, 2019). O setor contribui com 1,3% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro e 6,9% do PIB industrial, de acordo com o Relatório Anual de 2019 apresentado pela Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ, 2019). Um importante segmento desse ramo é o de painéis de madeira, especialmente os aglomerados, usados na construção civil e fabricação de móveis, que representa 6% do destino de toda a madeira produzida no Brasil.

O painel aglomerado é formado por pequenas partículas de madeira dispostas aleatoriamente, aspergidas em ureia-formaldeído e consolidadas por prensagem a quente (IWAKIRI et al., 2005). Além disso, é comum a utilização de técnicas e produtos na fabricação dos painéis a fim de se obter melhores condições para aumentar a durabilidade do material, um exemplo disso é a modificação térmica (BRITO et al., 2006).

Além da madeira, os painéis aglomerados podem ser produzidos de diferentes tipos de materiais lignocelulósicos, com destaque para os resíduos agroindustriais (MENDES et al., 2012). Com a crescente busca por materiais sustentáveis, passou-se a incorporar na produção de painéis aglomerados resíduos de bagaço de cana, casca de arroz, café, amendoim, coco, mamona, assim como fibras de malva e juta (SILVA et al., 2018).

Agregar esses resíduos na composição dos painéis aglomerados, juntamente com a madeira, vem sendo uma alternativa para melhorar as características físico-mecânicas do produto final, além de proporcionar o aproveitamento dos resíduos e diminuir o impacto ambiental oriundos do descarte desses material em locais inadequados ou da emissão de gases tóxicos

pela queima dos mesmos (MELO et al.,2010). Atualmente, diversos autores já notaram as vantagens de se utilizar componentes alternativos, principalmente o bagaço de cana-de-açúcar a fibra de malva, em construção de painéis, que ganharam destaque nos trabalhos de Fiorelli et al. (2011), Margem (2013) e de Silva et. al (2018).

Para a melhoria de algumas propriedades dos painéis aglomerados, vem sendo testadas algumas técnicas. Assim, a modificação térmica, processo em que se submete a madeira ou partículas a altas temperaturas, podendo variar entre 100° e 250°C, é uma alternativa. Esse processo busca melhorar as propriedades físicas, químicas e mecânicas, sendo notada a variação dessas propriedades de acordo com a temperatura e faixa de aquecimento aplicada (RODRIGUES, 2009).

Conforme dados da Companhia Nacional de Abastecimento, Brasil é o principal produtor mundial de cana de açúcar com cerca de 8,6 milhões de hectares, destinados à geração de uma gama de produtos, não se limitando apenas ao açúcar e ao etanol (CONAB, 2019). Assim como a palha, o bagaço de cana é um de seus sub produtos que, quimicamente, se assemelha à madeira e é composto por 32 a 50% de celulose, 19 a 25% de hemicelulose, 23 a 32% de lignina, 2% de cinzas (SILVA et al., 2018).

O bagaço de cana é um composto lignocelulósicos com potencial de exploração para a produção de painéis aglomerados (SILVA et al., 2018). Em uma tonelada de cana de açúcar, é possível obter 30% de bagaço. No entanto, a maior parte é queimada para geração de energia. Essa queima produz e libera poluentes tóxicos na atmosfera, tornando seu uso pouco eficiente e sustentavelmente inviável.

Além dos resíduos agroindustriais, as fibras também são alternativas na construção de painéis aglomerados, em destaque as fibras de malva (*Urena lobata*) e juta (*Corchorus capsularis*). Essas culturas agrícolas apresentam importância comercial na Região Amazônica por produzirem uma fibra têxtil utilizada em roupas, cordões, barbantes e produção de sacaria para embalar produtos agrícolas (MARTINS NETO, 2010). Segundo Azzini et al. (1993), a fibra de malva se destaca dentre as demais para compor painéis com densidade básica próxima (0,402 g.cm⁻³) da densidade apresentada por painéis de espécies já consagradas no setor, como pinus (0,412 g.cm⁻³) e eucalipto (0,530 g.cm⁻³).

O painel aglomerado híbrido composto de *Pinus taeda* e fibra de malva com núcleo de cana de açúcar é um material promissor, principalmente para substituições de painéis de madeira para a indústria moveleira, por apresentar características desejáveis como densidade, resistência mecânica, valores mínimos de anisotropia (SILVA et al., 2018).

Porém, Melo et al. (2010) citam como característica dos materiais lignocelulósicos a susceptibilidade ao ataque de organismos xilófagos, podendo causar prejuízos, quando não detectados previamente. Sendo assim, ainda existe uma carência de informações que corroborem as vantagens ou desvantagens da utilização dos painéis aglomerados acrescidos de malva e cana de açúcar, principalmente quanto ao ataque de térmitas e fungos xilófagos

1.1. O problema e sua importância

O crescimento da demanda mundial por produtos sustentáveis fez com que diversos materiais sejam introduzidos na linha de montagem de vários segmentos industriais. O setor madeireiro, por exemplo, vem reunindo esforços constantemente para o desenvolvimento de produtos que, além de sustentáveis, apresentam boa qualidade e custos reduzidos.

Dessa forma, a introdução de resíduos agrícolas e materiais lignocelulósicos na confecção de painéis aglomerados, para utilização no setor moveleiro e na construção civil, tem sido uma alternativa promissora. No presente estudo, aborda-se os aspectos que sustentam a efetividade do uso de fibra de malva e resíduos de cana-de-açúcar em conjunto com a madeira de pinus para a produção de painéis aglomerados, quanto a sua resistência biológica. Assim, os resultados encontrados poderão ser utilizados para compor o banco de dados completo e que auxilie na tomada de decisão quanto a viabilidade da utilização desses produtos.

Além disso, os resultados da presente pesquisa, caso corroborem com a qualidade dos painéis, poderão agregar valor à malva, bem como fornecer alternativas sustentáveis eficazes e economicamente viáveis para a produção de painéis aglomerados híbridos.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo geral

Avaliar a resistência a organismos biodeterioradores de painéis híbridos produzidos com partículas de pinus modificadas termicamente, fibra de malva e núcleo de bagaço cana de açúcar.

1.2.2. Objetivos específicos

- Quantificar a resistência biológica dos painéis híbridos a fungos deterioradores causadores das podridões parda e branca;
- Testar a resistência dos painéis híbridos a cupins de madeira seca e de solo;
- Averiguar se a adição de malva na composição externa do painel influencia na resistência dos mesmos a organismos xilófagos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Painéis de madeira

A madeira é considerada o material renovável mais abundante do mundo (FARACA; TONINI; ASTRUP, 2019), porém, para que a falta de disponibilidade desse insumo não se torne um problema futuro, é preciso estabelecer métodos racionais e otimizados para o seu aproveitamento (ARAÚJO et al., 2019). Além disso, na maioria das vezes esses materiais advêm de plantios de florestas comerciais. E, para tanto, as questões econômicas, sociais e ambientais devem sempre ser levadas em consideração (ITO; FRANCO, 2018).

Uma maneira de reduzir os custos e elevar a lucratividade dos empreendimentos florestais, é a introdução dos resíduos madeireiros, gerados pelo processo, na linha de produção (HARTMANN, 2017; FARACA; TONINI; ASTRUP, 2019). O reaproveitamento dos resíduos reduz os custos associados a colheita, transporte e descarte da madeira (KIM; SONG, 2014). Além de agregar valor a esse material.

Assim, inúmeras pesquisas têm mostrado que a utilização desses resíduos pode influenciar na redução dos efeitos ambientais indesejados (MELO et al., 2010). Como destaque dessas pesquisas podem-se citar os trabalhos de Alexandre (2019), Faria et al. (2020), Minillo (2016) e Silva et al. (2018), que buscaram estabelecer metodologias de reaproveitamento dos resíduos madeireiros para a produção de painéis de madeira.

Os painéis de madeira, previamente concebidos, eram estruturas derivadas de resíduos madeireiros que visavam substituir a madeira maciça em diferentes usos, como na fabricação de móveis, pisos e na construção civil (MATTOS; GONÇALVES; CHAGAS, 2008). Os painéis são classificados em dois grupos: os de madeira reconstituída (aglomerado e chapas de fibra) e os de madeira processada mecanicamente (compensados). Os painéis de madeira reconstituída são produzidos a partir de diferentes processos químicos e de desagregação da madeira. Já os de madeira processada são formados por camadas de lâminas de madeira maciça, cuja utilização segue a aplicação dos demais materiais (BIAZUS; HORA; LEITE, 2013).

Os painéis só passaram a ser produzidos em escala comercial no Brasil a partir da década de 1960. E por ser um produto “novo” no mercado nacional,

surgiram diversos questionamentos acerca de suas limitações técnicas, sua alta absorção de água, suas complicações na fixação de parafusos e o inchamento em espessura, que levaram ao descrédito do material por parte dos marceneiros e produtores de móveis (ALVES, 2017).

No entanto, com o passar dos anos e com o surgimento de novas tecnologias no processo de fabricação, como uso de produtos de origens distintas na composição, controle de gradiente de massa específica e sistema de parafuso mais eficiente, os painéis se tornaram uma das principais matérias-primas empregadas no setor moveleiro nacional (MELO, 2009).

De acordo com a IBÁ (2020), em 2019, dos 9 milhões de hectares de florestas plantadas que integravam o território brasileiro, cerca de 6% eram destinados à produção de painéis de madeira e pisos laminados. Nesse mesmo ano o Brasil encontrava-se entre os 10 maiores produtores de painéis de madeira do mundo.

A principal matéria-prima utilizada para a produção desses painéis é advinda de florestas plantadas. No entanto, resíduos da indústria madeireira (serrarias) ou toras de pequeno diâmetro também são comumente utilizados (DACOSTA, 2004). Além de madeira, os painéis aglomerados podem ser produzidos de diferentes tipos de materiais, com destaque para os resíduos lignocelulósicos, advindos da agroindústria (MENDES et al., 2012).

A introdução dos resíduos lignocelulósicos e das fibras naturais na composição dos painéis de madeira melhoram as características físico-mecânicas do produto final, e tornou os resíduos mais aproveitáveis e menos poluentes (MELO, et al., 2010). Por isso, diversas pesquisas que atestam as vantagens da inserção de componentes alternativos na fabricação dos painéis, como o bagaço de cana e a fibra de malva, foram publicados por Margem (2013), Silva et al. (2018), Martins Neto (2010).

2.2. Paineis híbridos de *Pinus taeda*, cana-de-açúcar e fibra de malva

O painel aglomerado híbrido é uma estrutura constituída de duas faces de revestimento que recobre o núcleo, sendo as faces finas e geralmente mais resistentes que o material interior. Essa combinação torna-se vantajosa pela combinação de alta rigidez e baixa massa (GAGLIARDO, 2010).

As faces possuem a função de suportar a carga, e as tensões, como a de cisalhamento, flexão. Em contrapartida o núcleo deve ser firme o suficiente para evitar o esmagamento (TITA, 2007). Uma das vantagens da utilização desse tipo de painel é o isolamento acústico e térmico, associado a construções leves e com maior rigidez em relação as construções de alvenaria convencional (GAGLIARDO, 2010).

O painel híbrido é utilizado principalmente na indústria aeroespacial, que necessita de componentes de baixa massa, em decorrência da necessidade em uso de aeronaves, desde a Segunda Guerra Mundial (ALLEN, 1969). Sua utilização na construção ainda é recente, utilizados a partir de 1990, porém seu uso foi difundido, e hoje pode ser encontrado em divisórias, paredes, forros e lajes. Diferente da indústria aeroespacial, tem sido empregado na construção civil (GAGLIARDO, 2010).

Em especial, o painel híbrido sanduiche produzido com de cana-de-açúcar, partículas de *Pinus taeda* modifica termicamente e fibra de malva da Amazônia, já foi objeto de estudo de Silva et al. (2018), e contou com resultados promissores quanto a sua resistência mecânica, baixos valores de inchamento e custo, demonstrando ser um promissor material a ser utilizado na indústria moveleira. Assim o interesse em estudar o seu comportamento quanto a resistência biológica a organismo xilófagos, principalmente térmitas.

2.3. Modificação térmica

Para aumentar a durabilidade da madeira e garantir sua resistência a organismos biodeterioradores, alguns tratamentos são empregados, com destaque para a modificação térmica. Essa técnica consiste no processo de submissão da madeira a altas temperaturas, variando entre 100 a 250°C (BORGES; QUIRINO, 2004).

A modificação térmica interfere na constituição química da madeira, reduzindo a disponibilidade de substâncias que atraem organismos xilófagos. Além disso, reduz a higroscopicidade, em decorrência da diminuição de adsorção das moléculas de água (LOWDEN; HULL, 2013; OSTMAN; TSANTARIDIS, 2006; SUN et al., 2012). Esse tratamento já possui os benefícios comprovados em diversas pesquisas, sendo observadas alterações que

aumentam a estabilidade dimensional e resistência biológica, além de preservar a madeira contra intempéries (BORGES; QUIRINO, 2004).

A modificação térmica possui a finalidade de melhorar as propriedades da madeira em decorrência do calor, provocando mudanças químicas, físicas e mecânicas. Essas modificações podem ser variadas em decorrência da temperatura e taxa de aquecimento utilizada, sendo assim, essas propriedades devem ser constantemente avaliadas, de forma a melhor adequação do programa de tratamento térmico (RODRIGUES, 2009).

2.4. Resíduos e fibras lignocelulósicas

A otimização de processos com o objetivo de aumentar a eficiência de empreendimentos e de tornar a produção de bens de consumo mais sustentáveis, vão ao encontro com as recentes propostas de desenvolvimento sustentável. Elas almejam encontrar substitutos para suprir as demandas do mercado, em um cenário de redução da oferta e aumento de custos de produção (SILVA, 2018). Desta forma, uma das maneiras de atingir esses objetivos tem sido a análise e identificação das potencialidades de reaproveitamento dos subprodutos ou resíduos gerados nos processos industriais e agrícolas (SILVA, 2018).

Partindo do pressuposto de que o Brasil possui uma indústria do ramo agrícola consolidada, a utilização dos volumes de biomassas residuais gerados por esses empreendimentos, pode ser é um segmento promissor no País (SILVA, 2018). De acordo com Martins (2016), a expansão agrícola resultou no aumento desses resíduos, que muitas vezes são subutilizados ou depositados em locais inadequados, podendo gerar problemas de saúde pública, pela proliferação de roedores e outros vetores de doenças.

Entre os produtos agrícolas que geram maiores volumes residuais e podem ser destinados à fabricação de painéis de madeira, destaca-se a cana-de-açúcar (BATTISTELLE et al., 2009; FIORELLI et al., 2011; FREIRE et al., 2011; MENDES et al., 2012), que gera bagaço de cana nas usinas sucroalcooleiras (SILVA, 2018). De acordo com Melo et al. (2010), a utilização desses resíduos pode resultar em agregação de valor e com a minimização dos impactos ambientais, sociais e econômicos envolvidos na geração dos materiais residuais (MELO et al., 2010)

A utilização dos resíduos de cana-de-açúcar na construção de painéis de madeira, segundo Dias et al. (2012) e Melo et al. (2010) pode ser justificada pela semelhança química existente entre esse material e a madeira. Ao analisar quimicamente o bagaço de cana-de-açúcar, percebe-se o mesmo possui teores aproximados de 40% de celulose, 25% de hemicelulose e 25% de lignina, com microfibrilas formadas por moléculas de celulose paralelas, que criam uma condição hidrofóbica (CUNHA, 2006; JAIN; WEI; TIETYE, 2016).

Além dos resíduos, as fibras naturais também são alternativas na construção de painéis aglomerados, em destaque as fibras de malva. A malva é uma planta pertencente à família das malváceas, característica de regiões de clima quente e úmido com períodos alternados de sol e chuva (MARGEM, 2013). Essa cultura agrícola é muito importante comercialmente na região Amazônica, por produzir uma fibra têxtil utilizada em roupas, cordões, barbantes e produção de sacaria para embalar produtos agrícolas (MARTINS NETO, 2010). Na Figura 1, observa-se um plantio de malva em estágio de colheita (1A) e a preparação das fibras (1B).



Figura 1. A) plantio de malva em estágio de colheita e; B) preparação das fibras. Fonte: Pautas na Web (2012).

A fibra de malva se destaca dentre as demais para compor painéis com densidade básica próxima a espécies de pinus e eucalipto (AZZINI et al., 1993). Silva et al. (2019) destacam que o painel aglomerado híbrido de *Pinus taeda* e fibra de malva com núcleo de cana de açúcar é um material promissor principalmente para substituições de outros painéis na indústria moveleira, por apresentarem características desejáveis como densidade, resistência mecânica, valores mínimos de anisotropia.

2.5. Ensaio biológicos

2.5.1. Fungos xilófagos

Fungos xilófagos são organismos que causam maiores danos a estruturas com madeira, principalmente quando em contato direto com o solo ou fonte de umidade, como postes, pilares, vigas, moirões de cerca (PAES; MORAIS; LIMA, 2005). Clausen (2010) classifica-os quanto ao tipo de ataque à madeira, podendo ser fungos emboloradores ou manchadores e apodrecedores.

Fungo manchador ou embolorador pouco danificam as propriedades mecânicas da madeira, sendo a maior perda superficialmente e na estética. Já os fungos apodrecedores causam profunda danificação nas propriedades da madeira, deteriorando a parede celular e outros componentes, podem ser classificados em podridão parda, branca e mole (CLAUSEN, 2010).

Os Fungos de podridão parda degradam, preferencialmente a celulose e hemiceluloses. Com isso, a lignina que possui coloração escura fica intacta, o que acarreta a coloração parda ao material (SCHMIDT, 2006). Alguns exemplos desse tipo de fungos são: *Rhodonía placenta*, *Neolentinus lepideus* e *Gloeophyllum trabeum*. Com a destruição dos elementos estruturais da parede celular da madeira, ocorre a rápida perda da resistência mecânica.

A podridão branca pode ser percebida logo nos estágios iniciais de contaminação, pois a madeira apresenta uma coloração esbranquiçada. Isso ocorre, principalmente pelo ataque da holocelulose, que quando atacada apresenta uma coloração branca, gerando perda de massa e influência nas propriedades mecânicas (SCHMIDT, 2006). Como exemplos desses fungos: *Polyporus fumosus*, *Trametes versicolor*, *Pycnoporus sanguineus* e *Irpex lacteus*.

Já os causadores de podridão mole atacam a superfície da madeira, propiciando o aparecimento de rachaduras transversais. O ataque ocorre da parede celular, perfurando as cadeias de celulose. A degradação que esse fungo apresenta é lenta em comparação a podridão parda e branca (SCHMIDT, 2006).

2.5.2. Térmitas

As térmitas ou cupins, pertencem à ordem *Blattodea*, subordem *Isoptera*, ocorrem em regiões tropicais e subtropicais e são representados por mais de 2.000 espécies catalogadas em todo o mundo (BRITO, 2015). O Brasil é

responsável por uma das termitofaunas mais diversas do mundo, com cerca de 290 espécies (CONSTANTINO, 1999).

De acordo com Carneiro e Silva (1999), cupins são insetos que vivem em grupo e possuem um sistema hierárquico bem desenvolvido. Na sociedade dos eles existem indivíduos morfofisiologicamente diferentes que são responsáveis por diferentes funções (LIMA; COSTA-LEONARDO, 2007).

Nesse sistema social, eles se dividem em dois grandes grupos: os de forma alada e os de forma áptera. Dentro do grupo dos alados encontram-se indivíduos sexuais com a função de propagar espécies e formar novas colônias. Já dentre os ápteros, destacam-se os operários (responsáveis pela busca e consumo), soldados (responsáveis pela defesa), rei e rainha (responsáveis pela reprodução) e os reprodutores de substituição, que garantem a proliferação da colônia na falta de rei e, ou rainha (CARNEIRO; SILVA, 1999; LIMA; COSTA-LEONARDO, 2007).

Normalmente, a maioria das espécies de térmitas não apresenta ameaça aos interesses humanos, pelo contrário, por ocuparem a posição de consumidores primários ou decompositores (herbívoros e detritívoros), são importantes recicladores de nutrientes nos ecossistemas pela trituração, decomposição, humificação e mineralização de recursos celulósicos, auxiliam na qualidade do solo (CARNEIRO; SILVA, 1999; LIMA; COSTA-LEONARDO, 2007).

No entanto, de acordo com Amaral (2002), Carneiro e Silva (1999), Oliveira, Paes e Vidaurre (2017) e Silva (2008), cerca de 10% das espécies de cupins são xilófagas e considerados os principais responsáveis pelos prejuízos decorrentes da deterioração biológica da madeira. As famílias mais importantes são: *Kalotermitidae*, *Rhinotermitidae* e *Termitidae*, pela sua alta capacidade de causar danos em construções de madeira.

A família *Kalotermitidae* é composta por cupins primitivos (Figura 2), que vivem em madeiras secas, não tem contato com o solo, não constroem galerias e nem saem dos ninhos (BRITO, 2015), exceto os alados, no período de revoada e reprodução. Estão presentes em todas as regiões tropicais e subtropicais do mundo (ROSA; VAZ-SILVA, 2020).



Figura 2. Cupim da família *Kalotermitidae* - Cupim de madeira seca (operário e soldado).

Fonte: O autor.

A família *Rhinotermitidae* é caracterizada por cupins subterrâneos que constroem ninhos no solo. São cupins pequenos (cerca de 6 a 8mm de comprimento) (Figura 3). As formas ápteras são pálidas e as formas aladas são pretas (INSETÁRIO VIRTUAL, 2020). Estes ocorrem em todas regiões tropicais e subtropicais e em regiões temperadas (ROSA, VAZ-SILVA, 2020).



Figura 3. Cupins subterrâneos, Família *Rhinotermitidae* – *Coptotermes gestroi*.

Fonte: Insetisan (2020).

Os indivíduos da família *Termitidae* (Figura 4) são muito diversificados e compreendem cerca de 85% da termitofauna brasileira (BRITO, 2015). Sua matriz alimentar é composta, tanto por madeiras e folhas quanto, por humus e líquens. Boa parte das espécies que compõem a família constroem ninhos que

hospedam uma riqueza considerável de fauna (outros cupins, artrópodes e alguns vertebrados) (CONSTANTINO, 1999).



Figura 4. Cupins arborícolas e de solo. *Família Termitidae – Nasutitermes corniger*.

Fonte: O autor.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Procedência e obtenção do material

O material utilizado na pesquisa foi proveniente da pesquisa realizada por Silva et al. (2018), e trata-se de um painel sanduiche híbrido produzido com bagaço cana-de-açúcar, partículas de *Pinus taeda* modificada termicamente e resíduo de fibra de malva da Amazônia. Para a sua produção, os tratamentos (composições) foram divididos de acordo com a Tabela 1. O painel está representado na Figura 5.

Tabela 1. Composição dos painéis utilizados.

Composição	% <i>Pinus taeda</i>	% Malva
A	100	0
B	75	25
C	50	50
D	25	75
E	0	100

Fonte: Adaptado de Silva *et.al.* (2018).

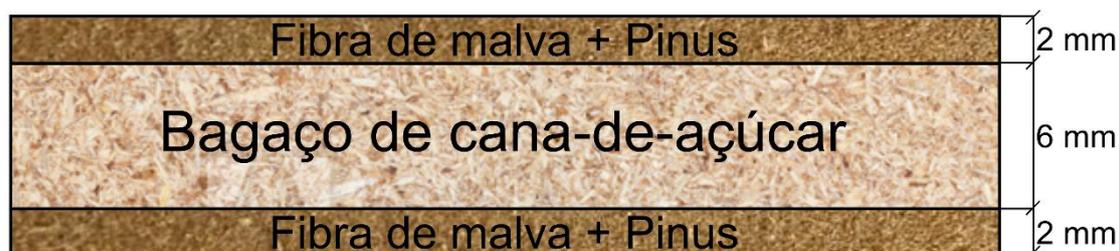


Figura 5. Painel aglomerado híbrido composto de pinus, malva e com núcleo de cana de açúcar (espessura nominal).

Fonte: Adaptado de Silva et al. (2018).

Para a fabricação dos painéis utilizou-se partículas de madeira de *Pinus taeda* modificado termicamente a 200°C, resíduo de fibra de malva e bagaço de cana-de-açúcar com tamanhos de partículas variando de 2,8 a 5 mm, visando atingir uma densidade nominal de 0,7 g.cm⁻³. As partículas foram unidas pelo adesivo a base de poliuretano de mamona, e submetidos a uma pressão de 4,0 Mpa, por 10 minutos a 100°C. Ao final, obteve-se painéis com densidade variando entre 0,68 a 0,73 g.cm⁻³, sendo classificados como painéis de densidade média.

3.2. Ensaio de resistência dos painéis a fungos xilófagos

O ensaio de resistência dos painéis a fungos xilófagos foi realizado de acordo com a *American Wood Protection Association* - E30-16 (AWPA 2016), com adaptações realizadas no laboratório. Dessa forma, foram produzidos corpos de prova com as dimensões de 2,5 cm x 2,5 cm x 0,9 cm (comprimento x largura x espessura) de cada tratamento dos painéis produzidos. A madeira de alburno de *Pinus elliottii* foi utilizada como controle. Os corpos de prova foram submetidos ao ataque de quatro fungos (Tabela 2).

Tabela 2. Fungos xilófagos utilizados no experimento.

Fungos	Código	Podridão
<i>Gloeophyllum trabeum</i> (Pers.: Fr.) Murr	Mad 617	Parda
<i>Rhodonía placenta</i> (Fr.) Niemelä, K.H. Larss. & Schigel	Mad-698-R	
<i>Trametes versicolor</i> (L.) Lloyd	Mad 697	Branca
<i>Irpex lacteus</i> (Fr.: Fr.) Fr.	Mad 517	

Para o ensaio, foram preparados frascos com capacidade de 600 mL, preenchidos com 300 gramas de solo, umedecidos com água destilada (73,5

mL), para atingir 130% da capacidade de retenção de água, conforme AWPA E30-16 (2016). Após inserir dois alimentadores de madeira de *Pinus elliotti*, de dimensões 0,3 cm x 2,8 cm x 3,5 cm (Figura 6) o conjunto foi esterilizado em autoclave a 103 kPa e 121 °C por 30 minutos.



Figura 6. Conjunto esterilizado com os alimentadores de *Pinus elliotti*.

Fonte: O autor.

Após esterilizados, adicionou-se sobre os alimentadores, fragmentos de fungos ($\approx 25 \text{ mm}^2$) preparados em meio de cultura, com maior crescimento ativo. Para o preparo do meio utilizaram-se 1000 mL de água destilada, 20g de malte e 15g de ágar (AWPA E30-16, 2016).

Após o desenvolvimento dos fungos nos alimentador (4 semanas), foram inseridos dois corpos de prova, de diferentes tratamentos, esterilizados em autoclave, sob as condições já descritas, por frasco. O ensaio foi mantido em sala climatizada ($28 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ e $65 \pm 5\%$ de umidade relativa) por 12 semanas. Ao término do ensaio a perda de massa avaliada de acordo com os valores estabelecidos pela AWPA E30-16 (2016) (Tabela 3).

Tabela 3. Classificação da perda de massa dos corpos de prova submetidos ao ensaio.

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

Fonte: AWPA E30-16 (2016).

3.3. Ensaio de alimentação forçada com térmitas de madeira seca

Para o ensaio de alimentação forçada com térmitas de madeira seca utilizou-se o método proposto pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo/Divisão de Madeiras (IPT/DIMAD, 1980), similar ao descrito por Maistrello (2018), com adaptações realizadas no laboratório. Utilizaram-se 10 corpos de prova por tratamento, com as dimensões de 5,0 cm x 2,5 cm x 0,9 cm, que foram unidos aos pares (conjunto) por meio de fita adesiva e dispostos em placas de Petri.

Fixou-se com parafina um recipiente de policloreto de polivinila (PVC), com as dimensões de 3,5 cm de diâmetro e 4,0 cm de altura sobre cada conjunto. Em cada recipiente inseriram-se 40 térmitas, sendo 39 operários e um soldado da espécie *Cryptotermes brevis* Walker (Figura 7).



(A)



(B)

Figura 7. (A) Corpos de prova preparados para o ensaio de alimentação forçada e (B) Térmitas de madeira seca no interior do recipiente de PVC.

Fonte: O autor.

O ensaio foi mantido em sala climatizada (28 ± 2 °C e $65 \pm 5\%$ de UR) por 45 dias (Figura 8), ao final desse período foram avaliados quanto a perda de massa, percentual de mortalidade e ao desgaste por meio de notas (Tabela 4).



Figura 8. Ensaio em sala climatizada.
Fonte: O autor.

Tabela 4. Avaliação do desgaste provocado pelas térmitas de madeira seca

Nota	Desgaste provocado pelos cupins
0	Nenhum desgaste
1	Desgaste superficial
2	Desgaste moderado
3	Desgaste acentuado
4	Desgaste profundo

Fonte: IPT/DIMAD D-2 (1980).

3.4. Ensaio de preferência alimentar com térmitas de madeira seca

Para ensaio, utilizaram-se cinco corpos de prova de cada tratamento com dimensões de 2,5 cm x 2,5 cm x 0,9 cm, que foram distribuídos aleatoriamente em um recipiente de PVC, com dimensões de 21 cm x 21 cm x 8 cm, de forma

similar ao descrito por Lima (2019). Adicionaram-se térmitas na quantidade proporcional ao ensaio de alimentação forçada, para cada corpo de prova, totalizando nove soldados e ≈ 325 operários, obtidos por meio da massa média das térmitas (Figura 9).



Figura 9. Disposição dos corpos de prova e térmitas na bandeja.

Fonte: O autor.

O ensaio foi mantido em sala climatizada (28 ± 2 °C e $75 \pm 5\%$ de UR) por 45 dias, e ao final avaliaram-se a perda de massa, percentual de mortalidade e o desgaste provocado pelas térmitas nas amostras.

3.5. Ensaio de alimentação forçada com térmitas subterrâneas

O ensaio de alimentação forçada com térmitas de solo ou arborícola (*Nasutitermes corniger* Motsch.) foi realizado conforme a AWPA E1-16 (2016), com adaptações no laboratório. Para isso, utilizaram-se cinco corpos de prova por tratamento, com as dimensões de 2,5 cm x 2,5 cm x 0,9 cm. A madeira de *Pinus elliotti* foi utilizada como controle, conforme indicação da AWPA E1-16 (2016) e três corpos de prova de cada tratamento, para a avaliação da perda de massa operacional. Utilizada para a correção da perda de massa das amostras teste.

Os frascos utilizados no ensaio, com capacidade de 600 mL foram preenchidos com areia lavada, peneirada e esterilizada em estufa a 130 °C. A areia foi umedecida com água destilada, conforme sua capacidade de retenção de água.

A colônia de térmitas foi coletada em área rural do município de Jerônimo Monteiro e transportada ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira. Disposta em uma caixa de PVA de 300 L, contendo uma camada de areia úmida (≈ 15 cm de areia e três camadas de papelão umedecido), conforme citado por Brocco et al. (2020).

Os corpos de prova foram inseridos nos frascos e protegidos do contato direto com a areia, por meio da adição do papel alumínio, com as dimensões aproximadas dos corpos de prova. As térmitas foram inseridas nos frascos ($1,32 \pm 0.05$ g, aproximadamente 400 indivíduos), com a proporção de 12% soldados e 88% operários. O ensaio foi mantido em sala climatizada (28 ± 2 °C e $65 \pm 5\%$ de UR) por 28 dias (Figura 10).

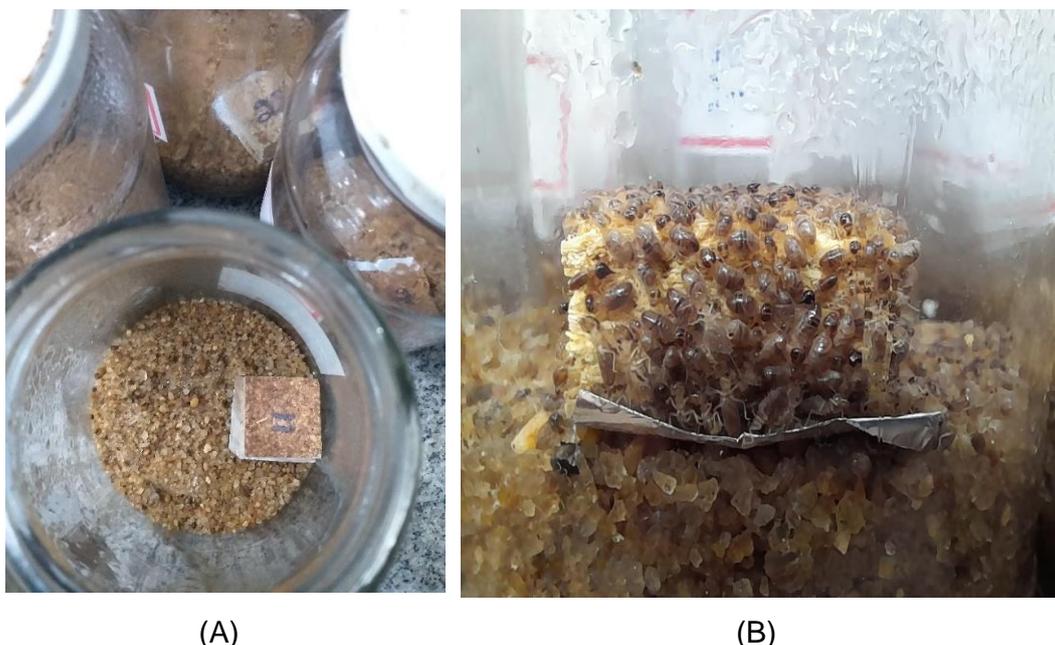


Figura 10: (A) Corpos de prova inseridos nos frascos e (B) corpos de prova sob ataque de térmitas.

Fonte: O autor.

Decorrido o período de ensaio, avaliaram-se a perda de massa, mortalidade dos cupins e o desgaste provocado pelas térmitas aos corpos de prova por meio de notas (Tabela 5).

Tabela 5. Classificação do desgaste e mortalidade das térmitas.

Nota	Classificação visual do desgaste
10	Sadio, com escarificações superficiais
9	Ataque superficial
7	Ataque moderado, havendo penetrações
4	Ataque intenso
0	Falha, havendo ruptura das amostras
(%)	Mortalidade
0 – 33	Baixa
34 – 66	Moderada
67 – 99	Alta
100	Total

Fonte: Adaptado da AWPA E-1 (2016).

3.6. Ensaio de preferência alimentar a térmitas xilófagas

Para esse ensaio, utilizou-se a metodologia apresentada por Paes et al. (2007; 2010) e Brocco et al. (2020). Assim, os corpos de prova de 10 cm x 2,5 cm x 0,9 cm, secos em estufa ($60 \pm 2^\circ\text{C}$) foram distribuídos em um delineamento em blocos casualizados em uma caixa de PVC de 500 L, preenchida com uma camada de areia de 15 cm umedecida com água destilada.

As amostras foram dispostas a 5 cm da camada de areia, em uma bandeja vasada de 30 cm x 40 cm e sobre elas, foi disposta a colônia de térmitas *Nasutitermes corniger* Motsch., sustentada por uma bandeja similar à citada (Figura 11).

O ensaio permaneceu em sala climatizada ($28 \pm 2^\circ\text{C}$ e $65 \pm 5\%$ de UR) por 45 dias e, diariamente o teor de umidade foi inspecionado e corrigido, conforme citado por Brocco (2019). Após o término do ensaio, as amostras foram secas em estufa ($60 \pm 5^\circ\text{C}$) e pesadas para avaliação da perda de massa. O desgaste foi avaliado conforme Tabela 5.

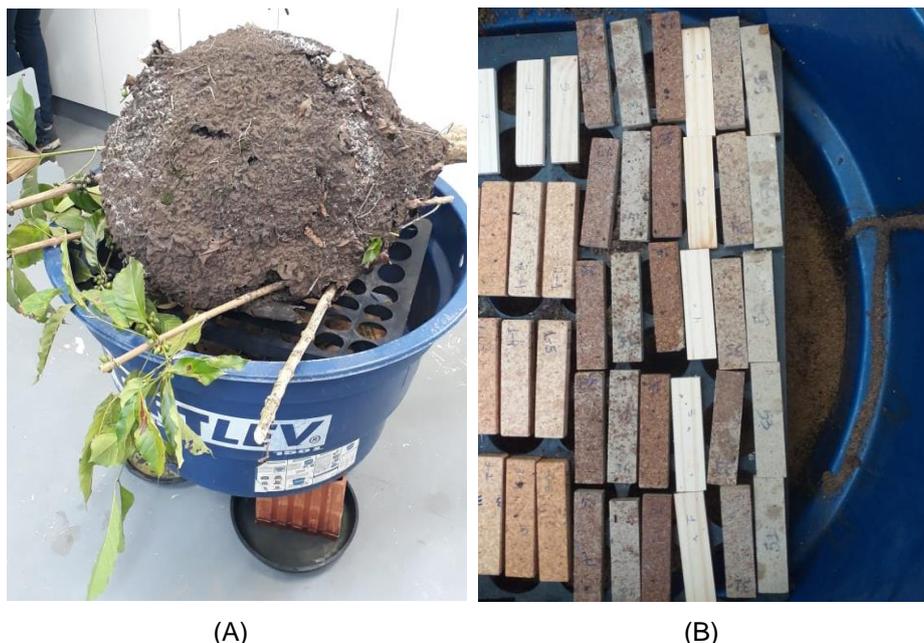


Figura 11. Colônia sobreposta aos corpos de prova (A) e corpos de prova a 5 cm da camada de areia (B).

Fonte: O autor.

3.7. Análise estatística dos resultados

Para todos dos tratamentos associados à presente pesquisa foi corroborada a normalidade da distribuição dos dados e homogeneidade das variâncias pelo teste de Lilliefors e Cochran. Para atender as pressuposições estatísticas, os valores de perda se massa (PM) foram transformados em $\arcsen \sqrt{PM/100}$ e para o desgaste (notas) em $\sqrt{Nota+0,5}$.

Posteriormente, os valores foram analisados por meio da análise de variância e teste F ($p < 0,05$). Quando aprestaram diferenças significativas, as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Ensaio de resistência dos painéis a fungos xilófagos

Ao avaliar a resistência dos painéis ao ataque dos fungos causadores de podridão branca e parda, observou-se diferença significativa entre os tratamentos. Para todos os fungos testados, o tratamento E, com 100% de malva, apresentou as maiores perdas de massa. Os painéis A, com 100% de pinus, foram classificados como moderadamente resistentes para os fungos de podridão parda, resistentes para o fungo *Irpex lacteus* e altamente resistentes para o *Trametes versicolor*, causadores da podridão branca (Tabela 6).

Tabela 6. Perda de massa e classificação quanto a resistência a fungos xilófagos.

Tratamento	Perda de Massa (%)			
	<i>Gloeophyllum trabeum</i>	<i>Irpex lacteus</i>	<i>Rhodonía placenta</i>	<i>Trametes versicolor</i>
A	37,526 b (MR)	15,367 b (R)	26,861 c (MR)	9,517 b (AR)
B	44,031 b (MR)	16,258 b (R)	34,923 b (MR)	11,365 b (R)
C	49,353 a (NR)	12,074 b (R)	38,587 b (MR)	13,033 a (R)
D	50,861 a (NR)	13,390 b (R)	39,030 b (MR)	13,239 a (R)
E	57,149 a (NR)	21,172 a (R)	46,276 a (MR)	13,835 a (R)

Médias seguidas por uma mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente (Skott-Kontt, $p > 0,05$). AR = Alta resistência; R = resistente; RM= resistência modera; NR= não resistente, segundo AWPA E30-16 (AWPA, 2016).

Para os fungos *Gloeophyllum trabeum*, *Rhodonía placenta* e *Trametes versicolor*, notou-se um aumento da perda de massa com o incremento da proporção de malva nos painéis. Para o fungo *Irpex lacteus* essa tendência não foi observada. De modo geral, os painéis foram resistentes aos fungos de podridão branca e não resistentes ou moderadamente resistentes aqueles de podridão parda. Isto ocorreu, pois os fungos causadores de podridão branca possuem preferência por madeira de folhosas.

Resultado semelhante foi notado por Melo et al. (2010), ao estudarem a resistência de painéis construídos com diferentes proporções de madeira de *Eucalyptus grandis* e casca de arroz, aos fungos *Trametes versicolor* e

Gloeophyllum trabeum, em que notou maiores perdas de massa para o fungo de podridão branca, ao contrário do observado no presente trabalho, possivelmente pela confecção do painel com madeira de *Pinus taeda*.

Já na pesquisa de Mendes et al. (2014), que analisou a resistência de painéis aglomerados de *Pinus Taeda* aos fungos *Gloeophyllum trabeum* e *trametes versicolor*, notou-se semelhança com o presente estudo. Tendo o fungo causador da podridão parda causado as maiores perdas de massa. Quando comparado ao material controle de *Pinus elliotti*, notou-se o mesmo padrão de ataque, em que as maiores médias de perda de massa ocorreram para os fungos *Gloeophyllum trabeum* (60,53%) e *trametes versicolor* (60,62%). Já os fungos *Irpex lacteus* e *Rhodonía placenta* causaram baixas perdas de massa (5,48 % e 13,04%, respectivamente). O ataque dos fungos consta da Figura 12.

Tratamentos	Fungos				
	Sem fungo	<i>Gloeophyllum trabeum</i>	<i>Irpex lacteus</i>	<i>Rhodonía placenta</i>	<i>Trametes versicolor</i>
Controle					
A					
B					
C					
D					
E					

Figura 12. Visualização do ataque dos fungos nos painéis.

Fonte: O autor.

4.2. Ensaio com térmitas de madeira seca

O ensaio de alimentação forçada com térmitas de madeira seca (*Cryptotermes brevis*) não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos para perda de massa, desgaste, mortalidade e perfurações (orifícios) (Tabelas 7). Os tratamentos A C, D e E apresentaram mortalidade moderada, já o tratamento B apresentou mortalidade baixa, de acordo com AWPA E-1 (2016).

Tabela 7. Perda de massa, mortalidade e desgaste dos painéis causado pelas térmitas de madeira seca (alimentação forçada).

Tratamento	Perda de Massa (%)	Mortalidade (%)	Desgaste (Notas)	Orifícios
A - 100% pinus	1,465 a	51,00 a	1,88 a	3,00 a
B - 75% pinus/25% malva	0,634 a	33,50 a	2,24 a	3,40 a
C - 50% pinus/50% malva	0,744 a	39,50 a	2,52 a	4,20 a
D - 25% pinus/75% malva	0,498 a	49,00 a	1,96 a	4,60 a
E - 100% malva	0,728 a	47,50 a	2,00 a	5,00 a

Médias seguidas por uma mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente (F, $p > 0.05$).

Para as madeiras de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus tereticornis* e *Eucalyptus pilularis*, Oliveira, Paes e Vidaurre (2017) obtiveram maiores valores de desgaste e menor mortalidade, quando comparado aos valores exibidos pelos painéis desta pesquisa. No entanto, para o *Eucalyptus Cloeziana* e *Eucalyptus paniculata*, os valores foram semelhantes, e menores para o *Corymbia citriodora*.

Nota-se que em todos os tratamentos constam orifícios. Gonçalves et al. (2013) avaliaram 11 espécies florestais, nativas e plantadas, quanto à resistência natural de térmitas de madeira seca e verificaram que apenas a madeira de *Pinus* sp. possuía orifícios nas amostras, demonstrando a preferência desses insetos em se alocarem no interior dessa madeira.

Em um estudo realizado por Medeiros Neto (2017), foram analisadas sete espécies florestais em relação à durabilidade natural e constatou que a madeira de pinus foi uma das mais atacadas pelas térmitas *Cryptotermes brevis*. Porém

constatou uma alta taxa de mortalidade, provavelmente causado pela presença de substâncias tóxicas que provocaram a morte desses insetos.

Os resultados encontrados para o ensaio de preferência alimentar decorreram de forma semelhante ao encontrado no ensaio de preferência alimentar, em que as perdas de massa foram pequenas e não apresentaram significativas entre as composições dos painéis. Para o desgaste do material, apresentou-se de forma acentuada em todos os painéis (Tabela 8).

Tabela 8. Perda de massa e desgaste dos painéis causado pelas térmitas de madeira seca (preferência alimentar).

Tratamento	Perda de Massa (%)	Desgaste (Notas)
A - 100% pinus	0,109 a	3,23 a
B - 75% pinus/25% malva	0,087 a	3,03 a
C - 50% pinus/50% malva	0,039 a	3,11 a
D - 25% pinus/75% malva	0,122 a	2,90 a
E - 100 % malva	0,077 a	3,00 a

Médias seguidas por uma mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente (F, $p > 0.05$).

O ensaio de preferência alimentar não apresentou diferenças significativas, tanto para perda de massa, quanto para o desgaste apresentado após o ataque das térmitas. O mesmo foi encontrado por Lima (2019) ao realizarem o mesmo ensaio em madeira de mogno africano modificado termicamente com *Cryptotermes brevis*.

4.3. Ensaio com térmitas subterrâneas

Para o ensaio de alimentação forçada a térmitas xilófagas subterrâneas, a análise de variância da perda de massa, mortalidade das térmitas e desgastes dos corpos de prova indicou diferença significativa entre os tratamentos. As médias de perda de massa e desgaste (notas), comparadas pelo teste de Scott-Knott, indicaram que o tratamento A (painel produzido com 100% pinus), foi superior aos demais, tendo proporcionado uma menor perda de massa e maior nota (sadio, ou com pequenas escarificações superficiais). Para a mortalidade, os tratamentos A e B (75% pinus e 25% malva) foram semelhantes, tendo proporcionado maiores mortalidades das térmitas (Tabela 9).

Tabela 9. Perda de massa, mortalidade e desgaste dos painéis causados pelas térmitas subterrâneas (alimentação forçada).

Tratamentos	Perda de Massa (%)	Mortalidade (%)	Desgaste (Notas)
A - 100% pinus	11,381 b	100,00 a	8,03 a
B - 75% pinus/25% malva	17,789 a	86,26 a	5,88 b
C - 50% pinus/50% malva	16,013 a	69,11 b	5,68 b
D - 25% pinus/75% malva	15,38 a	67,35 b	5,88 b
E - 100% malva	15,82 a	54,09 b	5,08 b

Médias seguidas por uma mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente (Scott-Knott; $p > 0,05$).

Quanto capacidade da térmita *Nasutitermes corniger* em consumir amostras de *Pinus* spp., observou-se que esses cupins têm dificuldade em atacar esse tipo de madeira, o que está em conformidade com Batista (2012) Medeiros Neto (2017) e Nicacio (2017). Isto é causado pelos componentes, com terpenos e terpenóides existentes na resina (LEPAGE; SALIS; GUEDES, 2017). Assim, a madeira de *Pinus taeda*, mesmo que modificada termicamente, ainda apresenta tais compostos em sua composição. Além disto, o calor pode ter influenciado na resistência do ataque, uma vez que de acordo com Silva, et. al (2018), a madeira fica menos hidrofílica, ocasionando menor disponibilidade de umidade e, conseqüentemente, menor susceptibilidade ao ataque das térmitas.

A presença de sílica (SiO_2) tende a inibir o ataque das térmitas, provocando dificuldades de escarificação e mastigação do alimento (MELO et al., 2010), uma vez que a dureza dos silicatos pode causar desgaste no aparelho bucal dos insetos (KVEDARAS et al., 2009). Porém, isso não foi observado, em que a presença de SiO_2 , constatada na fibra de malva por Silva et al. (2018), não foi suficiente para inibir o ataque das térmitas nos painéis.

Para o ensaio de preferência alimentar, obtiveram diferenças significativas após as análises de variâncias, e foi possível notar que a menor perda de massa ocorreu no tratamento A. Este também obteve as maiores notas, indicando um baixo desgaste do material. O tratamento B se diferenciou tanto do A, quanto de C, D e E, em que esses últimos não apresentaram diferenças significativas entre si (Tabela 10).

Tabela 10. Perda de massa e desgaste dos painéis causados pelas térmitas subterrâneas (preferência alimentar).

Tratamentos	Perda de Massa (%)	Desgaste (Notas)
A - 100% pinus	2,185 c	8,480 a
B - 75% pinus/25% malva	12,422 b	5,280 b
C - 50% pinus/50% malva	27,982 a	4,240 c
D - 25% pinus/75% malva	26,802 a	4,360 c
E - 100% malva	27,052 a	4,480 c

Médias seguidas por uma mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente (Scott-Knott; $p > 0,05$).

Um dos principais aspectos que limita o ataque de térmitas, segundo Paes et al. (2006; 2007) é a quantidade de extrativos presentes na madeira, que podem ser tóxicos a esses organismos, dificultando o ataque dos mesmos. Tal aspecto pode ter influenciado no menor ataque aos painéis com maiores quantidades de *Pinus taeda* em sua composição.

As térmitas apresentam alta seletividade em sua alimentação. Conforme o estudo realizado por Paes et al. (2015), é possível comparar a perda de massa (2,01%) obtida para a madeira de *Pinus taeda*, e notar que foi semelhante a encontrada no presente estudo (2,185%), para o mesmo ensaio com térmitas da mesma espécie. A madeira de *Pinus elliotti* usada como padrão de comparação apresentou perda de massa de 2,13%, e desgaste (notas) de 8,24, o que indica que os cupins de solo causaram poucos danos a madeira. Esses resultados não diferem, quando comparados ao tratamento A.

O adesivo utilizado para a colagem das partículas (produção dos painéis), confeccionados por Silva et al. (2018), poliuretano de mamona (bicomponente), a temperatura e o tempo de prensagem empregados na consolidação dos painéis, também podem ter influenciado nos resultados. Uma vez que esses fatores, responsáveis pela consolidação do material, pode ter dificultado a adsorção de umidade pelos mesmos, e conseqüentemente a translocação de enzimas dos fungos. E, no caso dos cupins, os componentes do adesivo utilizado pode ter influenciado nos resultados.

5. CONCLUSÕES

O fungo de podridão parda *Gloeophyllum trabeum*, dentre os testados, é o que proporcionou maior deterioração dos painéis. O material teve boa resistência aos fungos causadores de podridão branca.

Entre as térmitas, as de solo causaram maior ataque aos painéis que as de madeira seca. As térmitas de madeira seca apresentam ataque inferior, sendo as perdas de massa pouco significativas dentre todos os tratamentos.

Os painéis produzidos com as maiores porcentagens de *Pinus taeda* modificado termicamente demonstram maior resistência, tanto a fungos quanto as térmitas, especialmente o painel com 100% pinus.

A adição de malva influencia na resistência dos painéis, deixando-os mais susceptíveis ao ataque de organismos xilófagos, quando comparados aos painéis produzidos com 100% de malva.

O painel produzido com 100% madeira de *Pinus taeda* modificado termicamente apresenta maior resistência a organismos xilófagos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXANDRE, B. C. **Painéis aglomerados produzidos com resíduos de marcenaria**. 2019. 45f. Monografia (Bacharel em Engenharia Florestal) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Departamento de Ciências Agrônômicas e Florestais, Mossoró, 2019.

ALLEN, H. G. **Analysis and design of structural sandwich panels**. Hungary: Pergamon Press, 1969. 300p.

ALVES, S. D. **Painéis aglomerados produzidos com casca de arroz modificada termicamente em associação com madeira de *Pinus taeda***. 2017. 43f. Monografia (Engenheira Industrial Madeireira) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2017.

AMARAL, R. D. A. M. **Diagnóstico da ocorrência de cupins xilófagos em árvores urbanas no bairro de Higienópolis, na cidade de São Paulo**. 2002. 88f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiróz”, Piracicaba, 2002.

AMERICAN WOOD PROTECTION ASSOCIATION. AWPA. **E1-16**: Laboratory methods for evaluating the termite resistance of wood-based materials: choice and no-choice tests. AWPA Book of Standards, Birmingham, p 379-384, 2016a.

AMERICAN WOOD PROTECTION ASSOCIATION. AWPA. **E30-16**: Standard Method for Evaluating Natural Decay Resistance of Woods Using Laboratory Decay Tests. AWPA Book of Standards, Birmingham, p. 494-499, 2016b.

ARAÚJO, C. K.; SALVADOR, R.; PIEKARSKI, C. M.; SOKULSKI, C. C.; FRANSCISCO, A. C.; CAMARGO, S. K. C. A. Circular economy practices on wood panels: a bibliographic analysis. **Sustainability**, v. 11, n. 4, p. 1057, 2019.

AZZINI, A.; SALGADO, A. L. B.; BENATTI JUNIOR, R.; COSTA, A.A. Caracterização tecnológica de espécies liberianas para o estabelecimento de métodos de análise quantitativa de fibras. **Bragantia**, Campinas, v. 52, n. 1, p.27-32, 1993.

BATISTA, D.C. **Modificação térmica da madeira de *Eucalyptus grandis* em escala industrial pelo processo brasileiro VAP HolzSysteme®**. 2012. 339f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

BATTISTELLE, R. A. G.; MARCILIO, C.; LAHR, F. A. R. Emprego do bagaço da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) e das folhas caulinares do bambu da espécie *Dendrocalamus giganteus* na produção de chapas de partículas. **Revista Minerva**, v. 5, n. 3, p. 297-305, 2009.

BENEVENTE, V.A. Diretrizes gerais para indicação de madeira preservada nas edificações em madeira ainda na fase de projeto. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E ESTRUTURAS DE MADEIRAS, 5., 1995, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: UFMG, p. 447-456, 1995.

BIAZUS, A.; HORA, A. B.; LEITE, B. G. P. Painéis de madeira MDP e MDF – mercado e competitividade. **Revista da madeira**, n. 136, 2013.

BORGES, L. M.; QUIRINO, W. F. Higroscopicidade da madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* tratado termicamente. **Biomassa & Energia**, Viçosa, v. 1, n. 2, p. 173-182, 2004.

BRITO, J. O. et al. Densidade básica e retratibilidade da madeira de *Eucalyptus grandis*, submetida a diferentes temperaturas de termorreificação. **Cerne**, v. 12, n. 2, p. 182-188, 2006.

BRITO, M. B. **Resistência ao ataque de cupins em painéis compensados confeccionados com paricá (*Schizolobium amazonicum* (Huber) Ducke)**. 2015. 69f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2015.

BROCCO, V. F.; PAES, J. B.; COSTA, L. G.; KIRKER, G. T.; BRAZOLIN, S. Wood color changes and termiticidal properties of teak heartwood extract used as a wood preservative. **Holzforschung**, v. 74, p. 233-245, 2020.

CARNEIRO, J. S.; SILVA, P. H. S. **Cupins: biologia e controle**. Teresina: Embrapa: Meio-Norte, 1999.

CLAUSEN, C. A. Biodeterioration of wood. In: **Wood handbook: wood as an engineering material**. 100.ed. Madison: USDA/FS/FPL, 2010. Chapter 14, p.14-1- 14-16. (General Technical Report, FPL-GTR-190).

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Perfil do setor do açúcar e do etanol no Brasil - safra 2015/2016**. Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento. 2013. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/component/k2/item/download/26992_71d0aa6fb4ab68dfcdd8ef4e5b180138>. Acesso em: 02 dez. 2020.

CONSTANTINO, R. Chave ilustrada para identificação dos gêneros de cupins (Insecta: *Isoptera*) que ocorrem no Brasil. **Papéis Avulsos de Zoologia**, São Paulo, v. 40, n. 25, p. 347 – 448, 1999.

CUNHA, P. R. L. da. **Desenvolvimento de polissacarídeos com ação terapêutica em osteoartetrite**. 2006. 209f. Tese (Doutorado em Química inorgânica) – Universidade Federal do Ceará, Departamento de Química Orgânica e Inorgânica. Fortaleza, 2006.

DACOSTA, L. P. E. **Utilização de resíduos do processamento mecânico da madeira para a fabricação de chapas de partículas aglomeradas**. 2004. 102f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

DIAS, J. M. C. S.; SOUZA, D. T.; BRAGA, M.; ONOYOMA, M. M.; MIRANDA, C. H. B.; BARBOSA, P. F. D.; ROCHA, J. D. **Produção de briquetes e pellets a partir de resíduos agrícolas, agroindustriais e florestais**. Brasília: Embrapa Agroenergia, 130p., 2012.

FAGUNDES H.A.V. **Produção de madeira serrada e geração de resíduos do processamento de madeira de florestas plantadas no Rio Grande do Sul**. 2003. 173f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

FARIA, D. M.; LOPES, T. A.; LOPES, D. E.; ARAÚJO, B. C. L.; CASTRO, G. M. de; MENDES, L. M.; GUIMARÃES JÚNIOR, J. B. Emprego de maravalhas de Eucalyptus na produção de painéis: uma alternativa para aproveitamento dos resíduos oriundos da usinagem da madeira. **Advances in Forestry Science**, Cuiabá, v. 7, n. 3, p. 1101-1109, 2020.

FARRACA, G.; TONINI, D.; ASTRUP, T. F. Dynamic accounting of greenhouse gas emissions from cascading utilization of wood waste. **Science of The Total Environment**, v. 651, v. 2, p. 2689-2700, 2019.

FIGLIOLI, J.; LAHAR, F. A.; NASCIMENTO, M. F.; SAVASTANO JUNIOR, H.; ROSSIGNOLO, J. A. Painéis de partículas à base de bagaço de cana e resina de mamona—produção e propriedades. **Acta Scientiarum**, v. 33, n. 4, p. 401-406, 2011.

FREIRE, C. S.; SILVA, D. W.; SCATOLINO, M. V.; CÉSAR, A. A. S.; BUFALINO, L.; MENDES, L. M. Propriedades físicas de painéis aglomerados comerciais confeccionados com bagaço de cana e madeira. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 18, n. 2, p. 178-185, 2011.

GAGLIARDO, Debora P.; MASCIA, Nilson T. Análise de estruturas sanduíche: parâmetros de projeto. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 10, n. 4, p. 247 – 258, 2010.

HARTMANN, A. de A. **A gestão dos resíduos de madeira**: estudo em uma madeireira no município de Salvador Das Missões. 2017. 68f. Monografia (Bacharel em Administração) – Universidade Federal da Fronteira Sul Campus Cerro Largo. Cerro Largo, 2017.

IBÁ – Indústria Brasileira de Árvores. **Relatório anual 2019: ano base 2018**. Disponível em: < <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-iba-2020.pdf> >. Acesso em 15 de março de 2021.

INSETÁRIO VIRTUAL. **Família *Rhinotermitidae***. Disponível em: < <http://www.insetario.uem.br/colecao/familia/rhinotermitidae.htm> >. Acessado em: 06 de dez. 2020.

INSETISAN. **Cupins e brocas**. 2020. Disponível em: < <https://www.insetisan.com.br/index.php/project/biologia-cupins/> >. Acesso em: 23 de abril de 2021.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS/DIVISÃO DE MADEIRA. **IPT/DIMAD - D2**: Ensaio acelerado de laboratório da resistência natural ou madeira preservada ao ataque de térmitas do gênero *Cryptotermes*. São Paulo: IPT/ DIMAD, 1980. 1p.

ITO, L. P. K.; FRANCO, M. P. V. Políticas para mitigação da emissão de gases de efeito estufa: propostas para o Estado de Minas Gerais. **Rev. Bras. Gest. Amb. Sustent.**, v. 5, n. 9, p. 89-110, 2018.

IWAKIRI, S.; CAPRARA, A. C.; SAKS, D. C. O.; GUI SANTES, F. P.; FRANZONI, J. A.; KRAMBECK, L. B. P.; RIGATTO, P. A. 2005. Produção de painéis de madeira aglomerada de alta densificação com diferentes tipos de resinas. **Scientia Forestalis** 68, p39-43, 2005.

JAIN, A.; WEI, Y.; TEITYE, A. Biochemical conversion of sugarcane bagasse into bioproducts, **Biomassa Bioenergy**, 93, p227-242, 2016.

KIM, M. H.; SONG, H. B. Analysis of the global warming potential for wood waste recycling systems. **Journal of Cleaner Production**, v. 69, p. 199-207, 2014.

KVEDARAS, O. L.; BYRNE, M. J.; COOMBES, N. E.; KEEPING, M. G. Influence of plant silicon and sugarcane cultivar on mandibular wear in the stalk borer *Eldana saccharina*. **Agricultural and Forest Entomology**, v. 11, n. 3, p. 301-306, 2009.

LEPAGE, E.; SALIS, A. G. de; GUEDES, E. C. R. **Tecnologia de proteção da madeira**. São Paulo: Montana Química, 2017. 225 p.

LIMA A.C.B. **Efeito da modificação térmica nas propriedades da madeira de mogno africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.)**. 2019. 83f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal do Espírito Santo, Departamento de Ciências Florestais, Jerônimo Monteiro, 2019.

LIMA, J. T.; COSTA-LEONARDO, A. M. Recursos alimentares explorados pelos cupins (Insecta: Isoptera). **Biota Neotropica**, v. 7, n. 2, p. 243 – 250, 2007.

LOWDEN, L. A.; HULL, T. R. Flammability behaviour of wood and a review of the methods for its reduction. **Fire Science Reviews**, Heidelberg, v.2, n.4, p. 1-19, 2013.

MAISTRELLO, L. Termites and standard norms in wood protection: a proposal targeting drywood termites. In: KHAN, M. A.; AHMAD, W. **Sustainability in plant and crop protection. Termites and sustainable management: economic losses and management**. Cham: Springer, 2018. v. 2, Chap. 12, p. 261-287.2018.

MARGEM, J. I. **Estudo das características estruturais e propriedades de compósitos poliméricos reforçados com fibras de malva**. 2013. 139f. Tese (Doutorado em Engenharia de Materiais). Universidade Estadual do Norte Fluminense, Rio de Janeiro, 2013.

MARTINS NETO, S. F. **Material Compósito de Matriz Frágil reforçado com Fibras Naturais de Sisal e Malva: Caracterização e Correlações das Propriedades e Mecânicas**. 2010. 95f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Tecnologia, Belém, 2010.

MARTINS, R. S. F. **Caracterização de painéis aglomerados produzidos com madeira de eucalipto e resíduos lignocelulósicos agroindustriais**. 2016. 80f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal do Espírito Santo, Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, Jerônimo Monteiro, 2016.

MATTOS, R. L. G.; GONÇALVES, R. M.; CHAGAS, F. B. de. Painéis de madeira no Brasil: panorama e perspectivas. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 27, p. 121-156, 2008.

MEDEIROS NETO, P. N. **Resistência natural da madeira de sete espécies de *Eucalyptus* a agentes xilófagos**. 2017. 123f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2017.

MELO, R. R.; SANTINI, E. J.; HASELEIM, C. R.; GARLET, A.; PAES, J. B.; STANGERLIN, D. M. Resistência de painéis aglomerados produzidos com diferentes proporções de madeira e casca de arroz a fungos e cupins xilófagos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 3, p. 501-511, 2010.

MELO, R. R. **Propriedades físico-mecânicas e resistência a biodeterioração de chapas aglomeradas construídas por diferentes proporções de madeira e casca de arroz**. 2009. 94f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

MENDES, R. F.; MENDES, L. M.; GUIMARÃES JUNIOR., J. B.; SANTOS, R. C.; CÉSAR, A. A. S. Efeito da associação de bagaço de cana, tipo e teor de adesivo na produção de painéis aglomerados com madeira de pinus. **Ciência Florestal**, v. 22, n. 1, p. 187-196, 2012.

MENDES, R. F.; BORTOLETTO, J. G.; GARLET, A.; VIDAL, J. M.; ALMEIDA, N. F.; JANKOWSKY, I. P. Resistência de painéis compensados de *Pinus taeda* tratados com preservantes ao ataque de fungos xilófagos. **Cerne**, v. 20, n. 1, p. 105-112, 2014.

MINILLO, L. Q. **Aproveitamento de resíduo das indústrias de celulose e sucroalcooleira para produção de painéis aglomerados**. 2016. 98f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Ilha Solteira, 2016.

NICACIO, M. A. **Efeito de biopartículas de sílica obtidas de casca de arroz no tratamento da madeira de *Pinus elliottii***. 2017. 59f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal do Espírito Santo, Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, Jerônimo Monteiro, 2017.

OLIVEIRA, A. M. F. et al. Agentes destruidores da madeira. In: LEPAGE, E.S. (Coord.). **Manual de preservação de madeiras**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 1986. v. 1, p. 99-256.

OLIVEIRA, J. T. S.; PAES, J. B.; VIDAURRE, G. B. Resistência biológica da madeira de espécies de eucalipto ao ataque de cupim de madeira seca. **Scientia Forestalis**, v. 45, n. 113, p. 145-150, 2017.

OSTMAN, B.; TSANTARIDIS, L. **Innovative eco-efficient high fire performance wood products for demanding applications. Final report for Vinnova-Tekes project InnoFireWood, Wood Technology**. Stockholm: SP Swedish National Research Testing and Institute, 2006. 94p. (SP Rapport 2006:30). Disponível em: Acesso em: 10 maio 2020.

PAES, J. B.; FONSECA, C. M. B.; LIMA, C. R.; SOUZA, A. D. Eficiência do óleo de candeia na melhoria da resistência da madeira de sumaúma a cupins. **Cerne**, Lavras, v.16, n.2, p.217-225, 2010.

PAES, J. B.; MELO, R. R.; LIMA, C. R.; OLIVEIRA, E. Resistência natural de sete madeiras ao cupim subterrâneo (*Nasutitermes corniger* Motsch.) em ensaio de preferência alimentar. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.2, n.1, p.57-62, 2007.

PAES, J. B.; RAMOS, I. E. C.; FARIAS SOBRINHO, D. W. Eficiência do CCB na resistência da madeira de algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw.) D.C.) a cupins

subterrâneos (*Nasutitermes corniger* Motsch.) em ensaio de preferência alimentar. **Ambiência**, v. 2, n. 1, p. 51–64, 2006.

PAES J.B., SEGUNDINHO, P.G.A., EUFLOSINO, A.E.R. SILVA, CALIL JUNIOR., M.R. C., OLIVEIRA, J.G.L. Resistance of thermally treated woods to *Nasutitermes corniger* in a food preference test, **Madera Bosques**, 21, p157–164, 2015.

PAES, J. B.; MORAIS, V. M.; LIMA, C. R. Resistência natural de nove madeiras do semi-árido brasileiro a fungos causadores da podridão-mole. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 365-371, 2005.

PAUTAS NA WEB. **Juta e malva são plantados às margens do rio, em plena floresta amazônica.** 2012. Disponível em <<https://pautasnaweb.wordpress.com/2012/05/27/juta-e-malva-sao-plantadas-as-margens-do-rio-em-plena-floresta-amazonica/>>. Acessado em: 29 de nov. 2020.

RODRIGUES, T. O. **Efeitos da torrefação no condicionamento de biomassa para fins energéticos.** 2009. 71 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) -Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

ROSA, F.; VAZ-SILVA, W. Bioturbação por cupins (Blattodea, Isoptera) em painéis com registros rupestres na região arqueológica de Caiapônia, Brasil central. **Clio Arqueológica**, v. 35, n. 1, p.53-73, 2020.

SCHMIDT. O. **Wood and tree fungi: Biology, damage, protection, and use.** Berlim: Springer, 2006. 334p

SILVA, D. O. **Resíduos lignocelulósicos quimicamente modificados para remoção de glicerol da água.** 2018. 48f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Biocombustíveis) – Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2018.

SILVA, M. R.; PINHEIRO, R.V.; CHISTOFORO, A. L.; PANZERA, T. H.; LAHR, F. A. R. Hybrid sandwich particleboard made with sugarcane, *Pinus taeda* thermally treated and malva fibre from amazon. **Materials Research**, v. 21, n. 1, p. 7, 2018.

SILVA, V. S. G. **Comportamento de forrageamento de *Nasutitermes corniger* (Motschulsky) (Isoptera: Termitidae) e sua ocorrência em áreas urbanas.** 2008. 108f. Tese (Doutorado em Entomologia) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2008.

SUN, Q. F.; LU, Y.; XIA, Y. Z.; YANG, D. J.; LI, J.; LIU, Y. X. Flame retardancy of wood treated by TiO₂/ZnO coating. **Surface Engineering**, London, v.28, n.8, p.555- 559, 2012.

TITA, V. **Projeto e fabricação de estruturas em material compósito polimérico.** Notas de aula. Universidade de São Paulo, Faculdade de Engenharia Mecânica, 68 p., 2007. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/document/329098088/2006-Projeto-e-Fabricacao-de-Estruturas-Em-Material-Composito-Polimerico-Volnei-Tita>>. Acesso em: 25 de nov. 2020.