

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

THAIS DE SOUZA MARCCHIORI

**AVALIAÇÃO DO COMPÓSITO MADEIRA PLÁSTICO PARA USO NA
CONSTRUÇÃO CIVIL**

**JERÔNIMO MONTEIRO
ESPÍRITO SANTO
2017**

THAIS DE SOUZA MARCCHIORI

**AVALIAÇÃO DO COMPÓSITO MADEIRA PLÁSTICO PARA USO NA
CONSTRUÇÃO CIVIL**

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

JERÔNIMO MONTEIRO

ESPÍRITO SANTO

2017

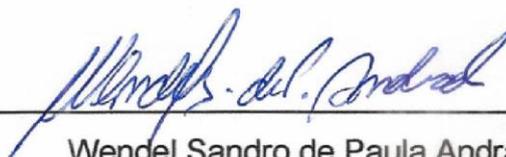
THAIS DE SOUZA MARCCHIORI

AVALIAÇÃO DO COMPÓSITO MADEIRA PLÁSTICO PARA USO NA
CONSTRUÇÃO CIVIL

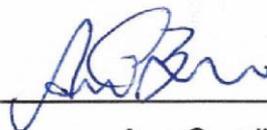
Monografia apresentada ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira da
Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do
título de Engenheira Industrial Madeireira

Aprovada em 18 de dezembro de 2017

COMISSÃO EXAMINADORA



Wendel Sandro de Paula Andrade
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientador



Ana Carolina Boa
Universidade Federal do Espírito Santo
(coorientadora)



Pedro Gutemberg de Alcântara Segundinho
Universidade Federal do Espírito Santo

A Deus, por estar comigo em todos os momentos, me orientando e me conduzindo. Aos meus pais que sonharam comigo e acreditaram em mim. A toda a minha família e amigos, por acreditarem que tudo isso seria possível.

“Demore o tempo que for para decidir o que você quer da vida, e depois que decidir não recue ante nenhum pretexto, porque o mundo tentará te dissuadir.”

Friedrich Nietzsche

AGRADECIMENTOS

Hoje encerra-se mais uma etapa de minha vida. Sonhei com esse dia desde que entrei na faculdade. Hoje tenho a oportunidade de agradecer a todas as pessoas que fizeram parte desse sonho e foram fundamentais ao longo dos cinco anos de graduação.

Gostaria de começar agradecendo a Deus pela força, conforto e amor dado a mim.

Aos meus pais, Alfredo e Lucimara por absolutamente tudo que me ensinaram. Por todas as vezes que eu achava que não conseguiria mais, e me lembrava que eu tinha vocês. A todas as cobranças que serviram para que eu aprendesse a seguir em frente e lutar pelo que eu acreditava. Obrigada pai, por me mostrar o lado engraçado, trabalhador e honesto da vida e me apoiar desde o dia em que te liguei para falar que tinha passado na faculdade. Obrigada mãe, por todos os gritos e todas as orações. Mesmo com todas as dificuldades para me manter em Alegre, vocês conseguiram. Hoje, essa conquista é para vocês!

Aos meus irmãos Gustavo, Eduardo e Hemelly Marcelly. Também é por vocês tudo isso. A toda a minha família, principalmente meus avós Alfredo e Terezinha, que me ensinaram valores que jamais serão esquecidos.

A Angélica, pela paciência, parceria, carinho, amor, respeito e companheirismo. Aprendemos a nos virar sozinhas, longe dos nossos pais e de toda nossa família. Ganhamos maturidade juntas, sonhamos juntas e conseguimos realizar nosso sonho. Agradeço a Deus por ter colocado um ser tão especial na minha vida. Você foi simplesmente fundamental.

Aos meus amigos, Alaor, Ana Carolina, João Paulo, Larissa e Patrícia. Pela parceria, conversas, conselhos, brigas, sorrisos e conquistas. Cada um com seu jeito e com suas peculiaridades me ensinaram a ser melhor, a crescer, a me fortalecer e seguir em frente. Obrigada por tudo, a faculdade jamais seria a mesma sem vocês ao meu lado.

Ao Wendel, por ser um exemplo de profissional e de pessoa. Agradeço imensamente todos os ensinamentos que levarei para sempre em minha vida.

Ao Pedro, pela amizade e pela oportunidade que me deu desde o terceiro

período quando me concedeu a bolsa de Iniciação Científica e por todos os conselhos de vida.

A Ana Carolina, não só por fazer parte da minha banca, mas também por fazer parte da minha vida e me ensinar tantas coisas. Obrigada por fazer parte desse momento.

Ao Gabriel, a Flávia, ao José Geraldo, ao Eleci e ao professor Juarez, pela valiosa ajuda durante os ensaios para este trabalho.

À empresa MADEPLAST, por fornecer o material para realização dessa pesquisa.

RESUMO

Dentre os diversos materiais empregados na construção civil, a madeira sempre esteve presente. Entretanto, algumas de suas características, tais como a higroscopicidade, limitam seu uso em ambientes úmidos. Com o avanço das tecnologias e em busca de produtos que atendam grande parte das necessidades do ser humano, e inclusive que colaborem com o meio ambiente, o compósito madeira plástico apresenta-se como uma boa alternativa. Por se tratar de um material proveniente de resíduos de madeira e plástico, esta possui um apelo ambiental considerável e confere ao material uma maior resistência à umidade do que a madeira. Neste trabalho foram comparadas as madeiras de Parajú com o compósito madeira plástico. Foram feitos ensaios de propriedades físicas, mecânicas e de biodeterioração. Também foram comparados os preços de mercado de ambas madeiras. Apesar de não apresentar resistências mecânicas tão boas quanto a madeira de Parajú, o compósito teve valores satisfatórios e melhores de densidade, retração e inchamento.

Palavra-chave: Caracterização mecânica, caracterização física, resíduos de madeira, resíduos de plástico.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	IX
LISTA DE FIGURAS.....	X
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 O problema e sua importância	2
1.2 Objetivos	4
1.2.1 Objetivo geral.....	4
1.2.2 Objetivos específicos.....	4
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	5
2.1 Resíduos de plástico	5
2.2 Resíduos de madeira	5
2.3 Compósito madeira plástico	7
2.4 Biodeterioração	8
3 METODOLOGIA	10
3.1 Classificação da pesquisa.....	10
3.2 Comparação dos custos de produção de <i>decks</i> do compósito madeira plástico, em relação aos de madeira de Parajú	10
3.3 Amostragem do compósito madeira plástico e da madeira de Parajú	11
3.4 Caracterização do compósito madeira plástico e da madeira de Parajú.....	11
3.4.1 Propriedades Físicas	11
3.4.2 Propriedades Mecânicas	12
3.5 Ensaio de biodeterioração.....	13
3.5.1 Coleta e preparação dos cupins	13
3.5.2 Montagem do ensaio	14
3.6 Comparação e análises estatísticas.....	15
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
4.1 Custo de aquisição e montagem do compósito madeira plástico.....	17
4.2 Propriedades Físicas.....	18
4.3 Propriedades Mecânicas.....	19

4.4	Durabilidade do compósito madeira plástico, comparativamente à madeira de Parajú.....	22
5	CONCLUSÕES.....	23
6	REFERÊNCIAS	24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Avaliação do desgaste da madeira.....	15
Tabela 2 – Preço de aquisição dos materiais do <i>deck</i> do compósito madeira plástico	17
Tabela 3 – Preço de aquisição dos materiais do <i>deck</i> de madeira de Parajú	17
Tabela 4 – Valores de retração e inchamento em porcentagem.	19
Tabela 5 – MOE, MOR e tensão do compósito madeira plástico e da madeira de Parajú	20
Tabela 6 – Comparação das classes de resistência	21
Tabela 7 - Perda de massa, desgaste e mortalidade das térmitas.....	22

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Modelo do Deck proposto.	11
Figura 2 – Metodologia adotada para calcular a retração e inchamento.	12
Figura 3 – Metodologia adotada para os ensaios com madeira de Parajú.....	13
Figura 4 – Metodologia adotada para os ensaios com compósito madeira plástico..	13
Figura 5 – Colônia de cupins.....	14
Figura 6 – Corpos de prova para o ensaio de alimentação forçada.	14
Figura 7 – Frascos na sala de climatização.	15

1 INTRODUÇÃO

Dentre os diversos materiais utilizados na construção civil, a madeira sempre esteve presente, desde os primórdios até os tempos atuais. Apesar de ser um material que apresenta peculiaridades como instabilidade dimensional e higroscopicidade, a madeira apresenta vantagens em sua utilização, destacando-se como um dos poucos materiais renováveis empregados na construção civil quando comparada ao aço, alumínio ou concreto, sendo também um bom isolante térmico e acústico.

Assim como os outros materiais, algumas madeiras também apresentam desvantagens, dentre elas a baixa durabilidade natural, ser susceptível ao ataque de organismos xilófagos, apresentar defeitos relacionados à espécie e ao processamento, além de ser um combustível natural.

Segundo Yamaji e Bonduelle (2004), a grande quantidade de resíduos gerados no setor madeireiro proveniente de costaneiras, cavacos, pó de serra, entre outros, merece especial atenção, uma vez que, geralmente são materiais de baixa densidade e combustíveis naturais, exigindo descarte ou estocagem adequados. Por esses motivos, faz-se necessário buscar alternativas tecnológicas que visem o melhor aproveitamento dos resíduos gerados.

Outro material que merece especial atenção, quanto ao descarte, são os resíduos de plástico, que não podem ser depositados diretamente no meio ambiente. Segundo Teixeira, Moreira e Costa (2002) o aumento da concentração de pessoas e a adoção de uma série de facilidades oferecidas pela indústria à sociedade, faz com que haja um aumento desses resíduos nos grandes centros urbanos.

Segundo a Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – ABRELPE (2015), são utilizados 7,24 milhões de toneladas/ano de plástico. A exposição desses resíduos e os custos envolvidos no seu armazenamento têm feito com que a sociedade busque alternativas para reduzir o volume estocado, uma vez que o plástico é um dos materiais que mais requerem tempo para se decompor (TEIXEIRA; MOREIRA; COSTA, 2002).

Tendo em vista todos os problemas encontrados na destinação dos resíduos de madeira e de plástico, a necessidade de ter produtos de maior qualidade, além da sustentabilidade no mercado destinado à construção civil, faz-se necessário o uso de novas tecnologias que visem a reutilização desses materiais. Desta forma, a

junção destes resíduos originou o produto conhecido como compósito madeira plástico.

O compósito madeira plástico, já presente no mercado brasileiro, é uma tecnologia que começou a ser desenvolvida na Europa por volta da década de 1970 e vêm sendo produzida nos Estados Unidos desde os anos 1990. Entretanto, por falta de conhecimento suficiente por parte dos fabricantes de plásticos e pela dificuldade de transportar os resíduos de madeira para os locais com os resíduos de plástico, ou vice-versa, o sucesso da junção de ambos os materiais ficou desacreditado (YAMAJI; BONDUELLE, 2004).

As vantagens do compósito madeira plástico em relação à madeira, como a baixa propensão a apresentar defeitos como rachaduras, empenamentos, exigência de pouca ou nenhuma manutenção e facilidade para ser moldada em formas complexas faz com que o uso desses compósitos cresça rapidamente no Brasil (BRANDT; FRIDLEY, 2003), cerca de 30% a 40% ao ano (SEBRAE, 2015). Por essas características o compósito madeira plástico vem sendo utilizada em áreas externas ou que estão em contato direto com a umidade.

Um das opções de utilização para o compósito madeira plástico é a construção de decks. Os decks geralmente são instalados em locais que possuem contato direto com a umidade e por tanto, precisam ser feitos de madeira com alta densidade e pouco permeável. Dessa forma, é preciso encontrar alternativas que sejam viáveis e promissoras para que se possa ter a certeza de que o compósito madeira plástico seja tão ou mais eficiente do que a madeira na construção civil.

Existem diversas maneiras de se produzir o compósito madeira plástico, estando essas variações relacionadas a sua composição. Algumas são produzidas com 70% de resíduos de madeira e 30% de resíduos de plástico, já outras, também chamadas de Compósito madeira plástico, são produzidas apenas com resíduos de plástico.

1.1 O problema e sua importância

Levando em consideração a necessidade de suprir algumas restrições da utilização da madeira na construção civil, como anisotropia, durabilidade, higroscopicidade, escassez de material legal e o elevado custo da madeira usinada, a busca por materiais alternativos se torna cada vez mais importante no setor.

Associado a estas restrições está o grande volume de resíduos gerados no processamento da madeira, para o qual deve ser dado destino adequado, isso porque, além de trazer malefícios para o meio ambiente, a sua estocagem é altamente perigosa, uma vez que a madeira é considerada um combustível natural. Da mesma forma, a produção de resíduos de plástico é muito elevada e também necessita de destino adequado.

A junção madeira/plástico ou a utilização somente dos resíduos de plástico, apresenta-se como uma alternativa de redução dos impactos ambientais, uma vez que, tanto os resíduos de plástico como os de madeira, teriam uma destinação eficaz. Por esta razão, tais compósitos apresentam um grande apelo ambiental.

Com base nas informações apresentadas, tem-se que a produção do compósito madeira plástico gera benefícios ambientais. Todavia, tornar este potencial, uma realidade de mercado, passa pela exigência de que tal atividade econômica – produção do compósito madeira plástico – seja economicamente viável. Por sua vez, tal economicidade advém de características físicas e mecânicas do produto, que em conjunto com o preço de mercado, possam ter aceitação por parte do consumidor. Deste modo, lança-se aqui como questão central e direcionadora a seguinte indagação: até que ponto o compósito madeira plástico substitui a madeira na construção civil?

Tem-se como hipóteses desta pesquisa que o compósito madeira plástico substitui, com vantagem, a madeira, nos aspectos referentes as propriedades físicas e à durabilidade; que o compósito madeira plástico se apresenta como um material de menor qualidade, em se tratando de resistência mecânica, não sendo, portanto, um substituto adequado sob esta ótica; e que o compósito madeira plástico tem custo inicial mais elevado.

A relevância desta pesquisa está em subsidiar os agentes econômicos, leia-se, consumidores e fornecedores, com informações capazes de direcionar suas ações, tendo como base a racionalidade no uso dos recursos, a busca do bem-estar social e demais aspectos mercadológicos. Tendo como base o crescente custo da mão de obra, entende-se que um produto que demande menor manutenção, tende a se tornar aplicável, ao longo prazo, principalmente, em situações nas quais o material fica exposto ao ambiente. Por parte do consumidor, conhecer os reais potenciais de uso do produto, é ter maior segurança em sua aplicação, e a possibilidade de um material alternativo, que pode inclusive contribuir para a redução dos custos de implantação e

de manutenção na construção civil. E por parte das empresas, conhecer estes potenciais de mercado, é aumentar a segurança em termos dos negócios envolvendo o compósito madeira plástico.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Avaliar o compósito madeira plástico em comparação à madeira, em se tratando do uso desses materiais para fins estruturais.

1.2.2 Objetivos específicos

- Comparar os custos de aquisição de *decks* de compósito madeira plástico, em relação aos de madeira.
- Analisar as propriedades físicas e mecânicas do compósito madeira plástico, comparativamente à madeira.
- Avaliar a durabilidade do compósito madeira plástico comparativamente à madeira.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Resíduos de plástico

Devido à grande variedade de tipos de plásticos encontrado no lixo brasileiro, a reciclagem torna-se mais complexa, uma vez que é preciso fazer a separação desses materiais. O Brasil ainda não é um grande reciclador de plástico, pois são reciclados apenas 15% do total produzido (AMBIENTE BRASIL, 201?). De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2013), nas regiões Norte e Nordeste do País, o percentual de domicílios com serviço de coleta de lixo não passa de 24% e 22%, respectivamente.

Levando em consideração que das quase 70 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos coletadas no Brasil, anualmente, 42% ainda têm como destino “lixões” e aterros controlados, considerados ambientalmente inadequados, a ABRELPE, por meio de um importante estudo e levantamentos de dados, chegou à conclusão de que o País precisa investir cerca de R\$11,6 bilhões, até 2031, em infraestrutura para universalizar a destinação final adequada dos resíduos sólidos (ABRELPE, 2015).

O Brasil é o terceiro país no mundo que mais gera lixo, ficando atrás apenas da China e dos Estados Unidos, e segundo as estatísticas, são gerados em torno de 220 milhões de toneladas de lixo por dia (NOVAES, 2015). Desta forma, são usados cerca de R\$7,16 bilhões dos cofres públicos para os serviços de coleta de lixo (VIEIRA, 2015).

De acordo com a Associação Brasileira da Indústria de Politereftalato de etila (PET) – ABIPET (2012), a indústria recicladora está estabelecida por todo território nacional. Um dos tipos de plásticos mais encontrados em resíduos sólidos no Brasil é o polietileno de alta densidade PEAD. Sendo este utilizado para fabricação de produtos que requerem maior resistência a impactos, como por exemplo, frascos de remédios, cosméticos, caixas de descarga sanitária e embalagens para óleo lubrificante (MELLO, 2011).

2.2 Resíduos de madeira

Um grande percentual dos resíduos de madeira é proveniente do processamento secundário da madeira serrada, e depende de vários fatores, como por exemplo, as condições tecnológicas empregadas, do tipo de matéria-prima utilizada, do tipo de

processamento utilizado bem como do produto final (BIOMASSA & BIOENERGIA, 2016).

No Brasil, é estimada anualmente a produção de 30 milhões de toneladas de resíduos de madeira, sendo a principal fonte produtora desses resíduos as indústrias madeireiras (BIOMASSA & BIOENERGIA, 2016).

Os resíduos de madeira gerados têm várias destinações, desde cama de forração para aviários ao consumo em fornos para geração de energia. Com a criação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) – Lei Nº. 12.305, de 02 de agosto de 2010, as empresas são obrigadas a dar destinação adequada para seus resíduos e incorporar um plano de gerenciamento para ficarem de acordo com a fiscalização ambiental (NOLASCO; ULIANA, 2014).

Segundo o Tuoto (2009), a utilização dos resíduos de madeira no Brasil ainda é pouco explorada, pois sua plena utilização depende da quebra de uma série de barreiras que permitam a valorização desses resíduos como subprodutos, como por exemplo, a distância de transporte entre o produtor e o consumidor, o baixo preço da tora e o baixo valor dos resíduos de madeira, as tecnologias aplicadas, a falta de incentivos, bem como o desenvolvimento de novos produtos.

2.3 Madeira para uso estrutural

A classificação da madeira para uso estrutural é feita de acordo com as classes de resistência especificadas pela Norma Brasileira – NBR 7190 – Projetos de Estruturas de Madeira (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT, 1997). Tais classes têm por objetivo padronizar as propriedades da madeira, para auxiliar na escolha do material na elaboração de projetos estruturais.

A classificação segundo a NBR 7190 (ABNT, 1997), leva em consideração o valor característico da tensão de compressão paralela, tensão de cisalhamento, módulo de elasticidade da flexão estática e a densidade básica e aparente do material. Na classificação das coníferas, as classes de resistência são: C20, C25 e C30. Já as folhosas são classificadas como: C20, C30, C40 e C60.

Outra característica importante para a classificação da madeira para uso estrutural é a densidade, uma das propriedades mais importantes da madeira. Madeiras mais densas são mais resistentes, duras e elásticas que as madeira de

menor densidade. Por esse motivo, a densidade da madeira é utilizada como forma de classificação de sua qualidade (MORESCHI, 2014).

A densidade aparente da madeira, representa a quantidade exata de matéria lenhosa por unidade de volume na madeira. Entretanto, devido ao fato de muitas vezes não ser possível obter o volume exato da madeira a 0% de umidade, calcula-se a densidade básica da madeira. Esta permite um valor constante, seguro e invariável, o que é de grande utilidade em estudos teóricos e comparações (MORESCHI, 2014).

O Módulo de elasticidade da madeira (MOE), também é utilizado para classificar madeiras para uso estrutural. Quanto mais alto o MOE, mais alta é a resistência da madeira e mais baixa será sua deformabilidade. Por outro lado, quanto mais baixo o MOE, pior as qualidades da madeira para fins de construção civil (MORESCHI, 2014).

2.4 Compósito Madeira Plástico

O compósito madeira plástico teve sua origem na Europa na década de 1970, mas teve seu mercado ampliado nos Estados Unidos da América, que movimenta, atualmente, cerca de US\$5,2 bilhões por ano, sendo o compósito madeira plástico muito utilizado na produção de bancos, telhas, janelas, bem como pisos que imitam a madeira. Seu uso já representa cerca de 35% das varandas e pátios dos Estados Unidos da América (SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS – SEBRAE, 2015).

De acordo com Molina, Carreira e Calil Junior (2009), o compósito madeira plástico é um compósito constituído, basicamente, de resíduos de madeira, fibras vegetais e materiais recicláveis, como o plástico. Também conhecida no meio técnico como *wood plastic composite*, provém da tecnologia industrial e vem ganhando mercado.

No Brasil, ainda são poucas as fábricas que utilizam o compósito madeira plástico como matéria-prima, no entanto, as fábricas que já utilizam este produto perceberam a produção aumentar muito no decorrer dos anos, sendo sua utilização empregada na produção de móveis, bancos, cercas, dormentes de ferrovias, tampas para bueiros, lixeiras e artefatos utilizados na construção civil (SEBRAE, 2015).

Segundo Guamá et al. (2008), o compósito madeira plástico produzido apenas com plástico reciclado, em que, quando adicionado produtos químicos em sua composição, pode dar ao material propriedades iguais ou até melhores que os da

madeira, como é o caso do aumento da resistência a umidade, por exemplo. Os autores também informam que como o material é composto por plástico, o tempo de durabilidade do compósito madeira plástico seria equivalente ao tempo de durabilidade do plástico.

Estudos feitos pelo Sebrae (2015) destacam as vantagens da utilização do compósito madeira plástico, dentre elas, a pouca propensão a rachaduras, alta impermeabilidade a água, ser resistente a mofo e pragas que acometem a madeira e não conduzir eletricidade.

No estudo feito por Molina, Carreira e Calil Junior (2009) com perfis de Compósito Madeira Plástico, este apresentou deformabilidade no ensaio de resistência à flexão. Quando analisada a classe de resistência, o compósito madeira plástico foi classificado como C25, no caso das coníferas, e C20 na classe das folhosas. Essa classificação se deu pela análise do ensaio de compressão. Quando analisado o ensaio de cisalhamento, os autores encontraram valores de resistência do compósito madeira plástico três vezes maior que a madeira da classe C20 das coníferas e folhosas.

Mesmo com todas essas vantagens, o compósito madeira plástico ainda não é muito aceita pela população brasileira, por causa da falta de informações sobre o produto. Contudo, acredita-se que essa situação se reverta, uma vez que o mercado está crescendo cerca de 30 a 40% ao ano, existindo inclusive franquias que produzem este tipo de material (SEBRAE, 2015).

2.5 Biodeterioração

Uma das grandes preocupações quanto ao uso da madeira, é a sua resistência a organismos xilófagos e ao intemperismo.

A madeira de Pinus, de acordo com estudos de Neto (2017), apresenta baixa resistência ao ataque de organismos xilófagos. Já a madeira de Parajú apresenta alta resistência à xilófagos, classificada como madeira de uso estrutural, na classe de resistência C60 (ROSA et al., 2014).

Para tentar minimizar ou acabar com esses ataques, muitas pesquisas são feitas por meio de ensaios de biodeterioração (OLIVEIRA, 2017).

Os ensaios de biodeterioração podem ser feitos tanto em laboratório quanto em campo. Ensaios feitos em laboratório permitem ao pesquisador um controle melhor

das variáveis estudadas. Já os realizados em campo, são expostos a períodos irregulares de lixiviação, exposição a luz solar e secagem irregular.

Se tratando de organismos deterioradores, os cupins são os que mais se destacam, sendo os cupins de solo ou subterrâneos os maiores responsáveis por degradação de madeira no mundo (PAES; VITTAL, 2000).

3 METODOLOGIA

Nesta pesquisa foram utilizadas amostras de compósito madeira plástico fornecido pela empresa MADEPLAST (PR). Essa é composta por 70% de resíduos de madeira (pinus e eucalipto) e 30% de resíduos de plástico (Polietileno de Alta Densidade). Já a madeira de Parajú foi fornecida como doação ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira – DCFM da Universidade Federal do Espírito Santo – UFES.

A madeira de Parajú foi escolhida para esse trabalho, pois apresenta grande durabilidade natural, baixa absorção de umidade e elevada resistência mecânica. O que a faz ser uma das madeiras mais utilizadas na construção civil.

Todas as etapas da pesquisa foram realizadas no DCFM, do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias – CCAE, da UFES.

3.1 Classificação da pesquisa

Existem três grandes grupos de classificação de uma pesquisa. Quanto aos fins, quanto aos meios e quanto a forma de abordagem do problema. Quanto aos fins, este trabalho se clássica como descritivo uma vez que expõe características claras e bem delineadas, envolvendo técnicas padronizadas e bem estruturadas de coleta de dados. Quanto aos meios, classifica-se como de laboratório, uma vez que é realizada em local determinado e limitado. Em relação a forma de abordagem do problema, classifica-se como uma pesquisa quantitativa, no que se refere a parte da caracterização física, mecânica e a deterioração da madeira.

3.2 Comparação dos custos de produção de *decks* de compósito madeira plástico, em relação aos de madeira de Parajú

O levantamento dos custos de produção do *deck* foi feito por meio de pesquisa de mercado via *internet* e telefone. A comparação foi feita entre o preço das peças do compósito madeira plástico da empresa MADEPLAST (PR) e as peças de Parajú da empresa IÚNA MADEIRAS (ES). O tamanho padrão do *deck* elevado foi de 3 metros de comprimento e 2 metros de largura, como ilustrado na Figura 1.



Figura 1 – Modelo do Deck proposto.

Fonte: A autora (2017)

3.3 Amostragem do compósito madeira plástico e da madeira de Parajú

As amostras do compósito madeira plástico foram obtidas por meio de doação da empresa MADEPLAST (PR), localizada em Curitiba. Já a madeira de Parajú foi obtida por meio de doação ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira. Para execução dos ensaios, as peças foram redimensionadas em peças menores, de onde foram obtidos os corpos de prova para os ensaios conforme definido pela NBR 7190 (ABNT, 1997). Todos os ensaios foram realizados com dez repetições.

3.4 Caracterização do compósito madeira plástico e da madeira de Parajú

3.4.1 Propriedades Físicas

A caracterização das propriedades físicas dos lotes de Parajú e do compósito madeira plástico foi feita de acordo com os métodos de ensaios definidos na NBR 7190 (ABNT, 1997). Os corpos de prova foram pesados e posteriormente medidos nos sentidos radial, transversal e longitudinal com tamanho 3 cm x 2 cm x 5 cm, respectivamente. Em seguida foram colocados no dissecador com água e aplicado vácuo, para que os corpos de prova pudessem saturar.

O período de saturação ocorreu durante vinte dias. A água foi trocada diariamente nos dez primeiros dias, depois os intervalos de troca passaram a ser de três em três dias. Ao serem retirados do dissecador, os corpos de prova foram secos em estufa por 48 horas a 102 °C, e em seguida foram pesados e medidos novamente. Com isso, foram determinados a retração, o inchamento, o teor de umidade e a densidade básica e aparente. A metodologia adotada para execução dos ensaios

encontra-se ilustrada na Figura 2.



Figura 2 – Metodologia adotada para calcular a retração e inchamento.

Fonte: A autora (2017).

3.4.2 Propriedades Mecânicas

Para caracterização das propriedades mecânicas da madeira de Parajú foi utilizada a norma americana ASTM D 143 – *Standard Test Methods for Small Clear Specimens of Timber* (ASTM, 2000) para determinar as resistências à compressão, ao cisalhamento e a flexão estática. As medidas descritas pela norma para os corpos de prova são: compressão paralela (2,5 cm x 2,5 cm x 10 cm de base, altura e comprimento, respectivamente), ao cisalhamento (5 cm x 5 cm de base e altura) e à flexão estática (2,5 cm x 2,5 cm x 57,5 cm de base, altura e comprimento, respectivamente).

Para os ensaios com o compósito madeira plástico foi utilizado a Norma Brasileira Regulamentadora – NBR 7190 – Associação Brasileira de Normas Técnicas – (ABNT, 1997), pois não existe norma regulamentadora específica para este material. Utilizou-se esta norma devido as dimensões do compósito madeira plástico. Entretanto, foram feitas algumas adaptações no que se refere as medidas dos corpos de prova. Tais adaptações foram feitas proporcionalmente as medidas estabelecidas pela NRB 7190 (ABNT, 1997), em que a proporção entre largura e comprimento deve ser de 1:3. Como as resistências são calculadas levando em consideração a área do material, essas adaptações não interferem no resultado final. Também é importante ressaltar, que o compósito madeira plástico não possui orientação de fibras, e por tanto, adotou-se somente a compressão paralela.

Para o ensaio de compressão paralela o tamanho do corpo de prova foi 6 cm de altura e 2 cm de base. Já no ensaio de cisalhamento o tamanho foi de 2 cm de base e 5 cm de altura. E para o de flexão estática 6 cm de base, 2 cm de altura e 60 cm de comprimento. A seguir tem-se a ilustração da metodologia adotada para a realização

dos ensaios (Figura 3, Parajú e Figura 4, compósito madeira plástico).

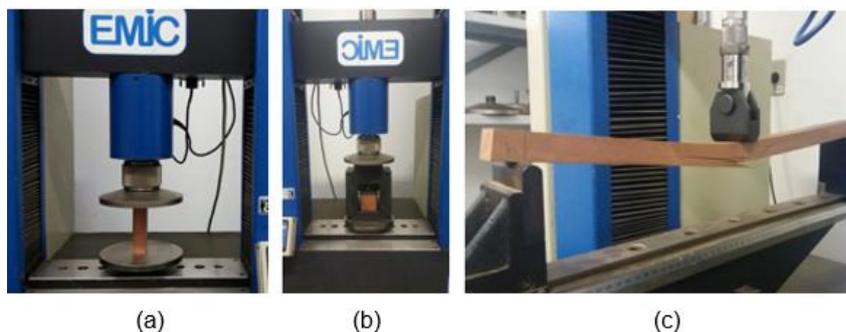


Figura 3 – Metodologia adotada para os ensaios com madeira de Parajú. (a) ensaio de compressão. (b) ensaio de cisalhamento e (c) ensaio de flexão.

Fonte: A autora (2017).

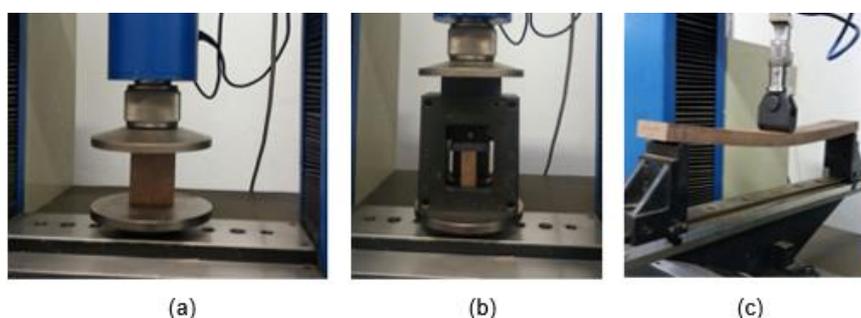


Figura 4 – Metodologia adotada para os ensaios com compósito madeira plástico. (a) ensaio de compressão. (b) ensaio de cisalhamento e (c) ensaio de flexão.

Fonte: A autora (2017).

3.5 Ensaio de biodeterioração

Para este trabalho foi realizado o procedimento de alimentação forçada descrito pela norma ASTM D – 3345 (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – ASTM, 2008).

3.5.1 Coleta e preparação dos cupins

A colônia de cupim de solo, da espécie *Nasutitermes corniger*, foi coletada no município de Jerônimo Monteiro, ES. Em seguida, levada para o Departamento de Ciências Florestais e da Madeira onde foi colocada em uma caixa com capacidade de 500 L. Tal caixa foi preparada com uma camada de 10 cm de areia umedecida, e uma camada de papelão também umedecido. Para que a colônia não ficasse em contato direto com o papelão e com a areia, foi colocada uma grade de plástico apoiada por

duas lajetas (Figura 5).



Figura 5 – Colônia de cupins

Fonte: A autora (2017).

Os cupins permaneceram na caixa por 48 horas para que pudessem descansar. Depois disso foram coletados cuidadosamente e pesados em uma balança de precisão.

3.5.2 Montagem do ensaio

O ensaio foi montado em frascos de 600 ml, contendo 200 g de areia lavada e esterilizada na estufa a 103 °C por 24 horas. Para umedecer a areia, adicionou-se 36 mL de água destilada em cada frasco, calculados de acordo com a norma.

Foram feitos três tratamentos (*Pinus elliottii*, Parajú e compósito madeira plástico), com dez repetições cada. A utilização da madeira de *Pinus elliottii* é recomendada pela norma ASTM D – 3345 (ASTM, 2008) para servir de testemunha entre os tratamentos. Cada corpo de prova apresentava dimensões de 2,5 cm de largura, 2,5 cm de comprimento e 0,5 cm de espessura como mostrado na Figura 6.



Figura 6 – Corpos de prova para o ensaio de alimentação forçada.

Fonte: A autora (2017).

Com os frascos preparados, os corpos de prova foram pesados e colocados dentro dos frascos, tomando o cuidado de soterrar metade do corpo de prova. Em seguida, foi colocado aproximadamente $1 \pm 0,05$ g de cupim em cada frasco (média de 329 térmitas: 7% de soldados e 93% de operários). Os frascos ficaram em uma

sala climatizada a 27 ± 2 °C por 17 dias (Figura 7).



Figura 7 – Frascos na sala de climatização.

Fonte: A autora (2017)

Ao término do ensaio, os corpos de prova foram retirados dos frascos, e cuidadosamente limpos com uma escova de cerdas macias para retirar o excesso de areia e excrementos. Em seguida foram secas em estufa a 103 ± 2 °C e pesados novamente para que pudesse ser mensurada a perda de massa. Também foi feita a taxa de mortalidade dos cupins em cada tratamento e por fim, os corpos de prova foram analisados e avaliados por cinco avaliadores para que pudesse ser avaliado o desgaste da madeira. Estes, possuíam uma tabela descrita por Paes (1997), para auxiliar na avaliação, conforme mostrado na Tabela 1.

Tabela 1 – Avaliação do desgaste da madeira

Tipo de desgaste	Nota
Sadio, permitindo escoriações superficiais	10
Ataque superficial	9
Ataque moderado, havendo penetração	7
Ataque intenso	4
Falha, havendo ruptura dos corpos de prova	0

Fonte: Paes (1997), adaptado pela autora (2017).

3.6 Comparação e análises estatísticas

O experimento foi conduzido sob delineamento inteiramente casualizado (DIC), com dez repetições (corpos-de-prova) e dois tratamentos (Compósito madeira plástico e Parajú) nas avaliações das propriedades físicas e mecânicas e três

tratamentos (Compósito madeira plástico, Parajú e pinus) na avaliação da biodeterioração. A análise de variância foi realizada, e quando os tratamentos foram significativos a 5% de significância, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey também a 5%.

Na avaliação dos ensaios de biodeterioração foi preciso ser realizada uma conversão dos dados. A perda de massa (ppm) foi transformada de acordo com a Equação 1 e desgaste (nota) e tempo (dias) para a morte dos cupins de acordo com Equação 2. Estas transformações, sugeridas por Steel e Torrie (1980), foram empregadas devido a necessidade de normalizar a distribuição dos dados (teste de Lilliefors) e homogeneizar as variâncias (teste de Cochran e Bartellett).

$$\arcsen \sqrt{\frac{ppm}{100}} \quad (1)$$

$$\sqrt{(nota \text{ ou dias}) + 0,5} \quad (2)$$

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Custo de aquisição e montagem do compósito madeira plástico

Na Tabela 2 encontram-se os valores dos preços de aquisição dos materiais para a confecção do *deck* do compósito madeira plástico. Já na Tabela 3, encontram-se os valores dos preços de aquisição dos materiais para confecção do *deck* de madeira de Parajú.

Tabela 2 – Preço de aquisição dos materiais do *deck* de compósito madeira plástico

Peça	Número Necessário (Un.)	Tamanho (cm)	Valor Unitário (R\$)	Valor total (R\$)
Pilar	6	15,0 x 15,0 x 160,0	577,00	3.462,00
Viga superior	6	18,2 X 5,8 X 220,0	219,14	1.314,84
Viga Inferior	3	18,2 X 5,8 X 200,0	219,14	657,00
Tábuas do piso	17	14,5 x 2,1 x 200,0	55,22	853,74
Coluna do guarda corpo	3	10,0 x 10,0 x 110,0	160,97	482,91
Vigas do guarda corpo	8	10,0 x 10,0 x 150,0	160,97	1.287,76
Total	-	-	-	8.058,25

Fonte: MADEPLAST (2017), adaptado pela autora (2017).

Tabela 3 – Preço de aquisição dos materiais do *deck* de madeira de Parajú

Peça	Número Necessário (Un.)	Tamanho (cm)	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)
Tacos	3	1,5 x 15,0 x 150	130,00	390,00
Tacos	3	1,5 x 15 x 60	86,66	260,00
Peças	2	6,0 x 19 x 250	105,00	210,00
Peças	7	6,0 x 14 x 350	112,00	784,00
Tacos	4	15 x 15 x 110	75,00	300,00

Continua...

Tabela 3 – Continuação

Peça	Número Necessário (Un.)	Tamanho (cm)	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)
Réguas	4	3,5 x 2,0 x 300	92,25	369,00
Réguas	4	2,0 x 2,5 x 300	66,00	264,00
Réguas	2	3,5 x 15 x 300	75,50	151,00
Réguas	2	2,5 x 15 x 300	55,00	110,00
Réguas	4	3,5 x 15 x 300	32,50	130,00
Peças	22	300	36,00	792,00
Total	-	-	-	3.760,00

Fonte: IÚNA MADEIRAS (2017), adaptado pela autora (2017).

Com a comparação dos preços de aquisição das peças para construção do *deck*, percebe-se que o compósito madeira plástico custa praticamente o dobro do valor do *deck* de Parajú. Ao analisar única e exclusivamente essa discrepância de preço, o consumidor tenderia a escolher a madeira de Parajú, por uma questão de racionalidade econômica, contudo, outros fatores precisam ser considerados para uma tomada de decisão mais consistente. Para tanto, são apresentados a seguir, análises comparativas entre estes produtos, focando nas propriedades físicas, mecânicas e de biodeterioração.

4.2 Propriedades Físicas

Na Tabela 4 são apresentados os valores médios encontrados para a retração e o inchamento do compósito madeira plástico e a madeira de Parajú nos sentidos Longitudinal (L_1), Tangencial (T_1) e Radial (R_1). Também está apresentado a retração volumétrica (R_v) e o inchamento volumétrico (I_v).

Tabela 4 – Valores de retração e inchamento em porcentagem.

Madeira	Retração				Inchamento			
	L ₁	T ₁	R ₁	R _v	L ₂	T ₂	R ₂	I _v
Parajú	0,14 b	8,25 a	5,27 a	13,21 a	0,14 b	9,00 a	5,56 a	15,23 a
Compósito madeira plástico	1,34 a	2,38 b	1,07 b	4,72 b	1,36 a	2,44 b	1,08 b	4,97 b

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Fonte: A autora (2017).

Nos ensaios de retração e inchamento, com exceção do plano longitudinal, o compósito madeira plástico apresentou valores inferiores que os da madeira de Parajú. Assim como, na retração volumétrica e no inchamento volumétrico o compósito madeira plástico também apresentou valores inferiores. Com essa análise, é possível dizer que o compósito madeira plástico é mais estável dimensionalmente que a madeira de Parajú. Essa grande estabilidade, pode estar relacionada ao fato dos 30% de plástico existentes em sua composição, o que contribui para que o compósito não sofra alterações dimensionais com a umidade; visto que o plástico não é higroscópico.

Quando se analisa madeira, o plano longitudinal apresenta valores irrelevantes, próximos a zero, o que está relacionado à orientação das fibras. O plano longitudinal da madeira de parajú apresentou valores inferiores ao do compósito madeira plástico, o que pode ser explicado pelo fato do compósito não possuir orientação de fibras.

4.3 Propriedades Mecânicas

Na Tabela 5 está demonstrado o valor do módulo de elasticidade (MOE) do ensaio de flexão estática. Também encontra-se o valor de umidade relativa (U), o módulo de ruptura (MOR) do ensaio de flexão e a tensão do ensaio de compressão paralela e cisalhamento.

Tabela 5 – MOE, MOR e tensão do compósito madeira plástico e da madeira de Parajú

Ensaio	Madeira Plástica	U (%)	Parajú	U (%)
Cisalhamento (Tensão)	4,70 b	1,27	16,39 a	13,68
Flexão estática (MOE)	2251,48 b	1,27	19579,09 a	12,93
Flexão estática (MOR)	9,97 b	1,84	157,82 a	14,13
Comp. Paralela (Tensão)	11,55 b	1,84	69,20 a	14,13

*Todas as medidas estão em MPa, com exceção da umidade.

Fonte: A autora (2017).

No ensaio de compressão, a tensão da madeira de Parajú foi seis vezes superior ao do compósito madeira plástico. O módulo de ruptura do ensaio de flexão estática da madeira de Parajú apresentou valor quase sete vezes maior que ao do compósito. No ensaio de cisalhamento, a tensão do compósito apresentou valores inferiores ao da madeira de Parajú. O módulo de elasticidade de flexão estática do compósito obteve valor inferior ao do Parajú.

Mesmo tendo valores muito pequenos de umidade, devido ao fato da alta densidade proveniente do plástico existente em sua composição, isso não influenciou nas propriedades mecânicas, visto que em todos em ensaios a madeira de Parajú foi superior.

Tanto os corpos de prova de flexão quanto os de compressão apresentaram deformação residual ao final do ensaio. Porém no ensaio de flexão, o compósito mesmo ultrapassando o limite de utilização L/200 não apresentou ruptura no material, diferentemente da madeira de Parajú. Isso significa que, caso ocorra algum problema na estrutura feita pelo compósito madeira plástico, ele não irá se romper imediatamente, e dessa forma, haverá tempo para que o problema seja resolvido sem que a estrutura desmorone.

Um estudo feito por Molina, Carreira e Callil Junior (2009), mostra um resultado de módulo de elasticidade para o compósito madeira plástico de 1.314 MPa. O que é equivalente ao encontrado neste trabalho para o ensaio de flexão. Já no ensaio de cisalhamento, o valor encontrado pelos autores foi 17,32 MPa e o encontrado neste trabalho foi de 4,70 MPa.

Uma das explicações para essas discrepâncias, pode ser o fato do compósito

madeira plástica utilizada pelos autores ser composta por materiais diferentes, como casca de arroz ao invés de madeira.

Na Tabela 6 encontra-se a comparação das classes de resistência das folhosas, juntamente com os valores característicos de compressão paralela ($f_{c0,k}$), cisalhamento ($f_{v0,k}$) e o módulo de elasticidade ($E_{c0,m}$). Também encontram-se os valores de densidade básica (ρ_{bas}) e aparente (ρ_{ap}) do compósito madeira plástico e da madeira de Parajú.

Tabela 6 – Comparação das classes de resistência

Classe	$f_{c0,k}$ (MPa)	$f_{v0,k}$ (MPa)	$E_{c0,m}$ (MPa)	ρ_{bas} (g/cm³)	ρ_{ap} (g/cm³)
Compósito					
madeira	11,77	4,37	2251,48	1,06 a	1,13 a
plástico					
C20	20	4	9500	-	-
C30	30	5	14500	-	-
C40	40	6	19500	-	-
C60	60	8	24500	-	-
Parajú	71,81	15,59	19579,09	0,82 b	0,98 b

*Médias seguidas pela mesma letra a coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Fonte: ABNT (1997), modificado pela autora (2017).

O compósito madeira plástico analisado não se enquadrou em nenhuma classe de resistência, ficando abaixo da classe de resistência C20. Já a madeira de Parajú obteve valor superior a classe de resistência C60, considerada de alta resistência mecânica. O que significa que a madeira de parajú é umas das madeiras mais resistentes na classificação das folhosas.

Na comparação entre o compósito e a madeira de Parajú, tanto a densidade básica quanto a densidade aparente o compósito madeira plástico foram superiores ao da madeira de Parajú. Dessa forma, podemos dizer que no aspecto de densidade, o compósito se classifica como de maior qualidade no que se refere aos materiais que devem ser mais densos e ter alta resistência a umidade.

4.4 Durabilidade do compósito madeira plástico, comparativamente à madeira de Parajú

Na Tabela 7, encontra-se o resumo das análises de variância para perda de massa (ppm), desgaste (nota) e taxa de mortalidade para os cupins subterrâneos. Como o a análise de variância foi significativa para os testes, fez-se o teste de média descrito na Tabela 9.

Tabela 7 - Perda de massa, desgaste e mortalidade das térmitas

Madeira Avaliadas	Perda de Massa (%)	Desgaste (Nota)	Número de Dias
<i>Pinus elliottii</i>	3,21 a	7,28 b	14,10 a
Parajú	0,77 b	8,84 a	7,80 b
Compósito madeira plástico	0,65 b	7,50 b	14,90 a

*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p > 0,05$).

Fonte: A autora (2017).

Em relação a perda de massa, a madeira de *Pinus elliottii* apresentou a maior porcentagem quando comparada a madeira de Parajú e o compósito madeira plástico. Estatisticamente, as duas últimas madeiras não diferem entre si e por tanto, apresentam a mesma porcentagem de perda de massa.

Já em relação ao desgaste, a madeira de Parajú foi a que obteve maior pontuação, sendo considerada a que menos sofreu desgastes com o ataque de cupins. O compósito madeira plástico obteve mesma pontuação que a madeira de *Pinus elliottii*. O que pode ser explicado pelo fato do compósito madeira plástico possuir em sua composição 30% de resíduos de *Pinnus*. A taxa de mortalidade dos cupins da madeira de Parajú foi maior que as outras duas madeiras analisadas. O que demonstra a grande resistência dessa madeira ao ataque de organismos xilófagos.

5 CONCLUSÕES

O custo de aquisição das peças de compósito madeira plástico foi mais elevado que as de Parajú.

Em todos os ensaios mecânicos, o compósito madeira plástico apresentou valores inferiores ao da madeira de Parajú. Em consequência disso, pode-se dizer que o compósito madeira plástico não atende aos requisitos para uso estrutural em que a madeira necessita de alta resistência mecânica, e portanto, não seria recomendada para *decks* elevados ou que necessitem de alta resistência.

Em relação à contração e o inchamento e a densidade analisadas neste trabalho, ambas madeiras apresentaram valores consideravelmente satisfatórios para madeira estruturais. Entretanto, nesse quesito, o compósito madeira plástico apresentou valores superiores, sendo recomendado seu uso para ambientes externos e de direto contato com a umidade.

A madeira de Parajú foi a que apresentou maior resistência ao ataque dos cupins, sofrendo menos desgastes, pelo fato da alta taxa de mortalidade dos cupins, que não conseguiram ataca-la. O Compósito madeira plástico apresentou características semelhantes a madeira de *Pinnus*, e por tanto, possuem a mesma resistência ao ataque.

6 REFERÊNCIAS

- AMBIENTE BRASIL. **Reciclagem de Plástico**: Classificação dos plásticos, tipos de reciclagem. 201?. Disponível em: <http://ambientes.ambientebrasil.com.br/residuos/reciclagem/reciclagem_de_plastico.html>. Acesso em: 09 set. 2016.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – ASTM. **D143**: Standard test methods for small clear specimens of timber. Philadelphia, PA, 2000.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – ASTM. **D3345**: standard method for laboratory evaluation of the wood and other cellulosic materials for resistance to térmite. In: **Annual book of ASTM satandard**. Philadelphia, 2008. 3p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE PET – ABIPET. **Censo da Reciclagem de PET**: Censo da Reciclagem. São Paulo, 2012. Disponível em: <<http://www.abipet.org.br/index.html?method=mostrarInstitucional&id=7>>. Acesso em: 08 out. 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS – ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2014**. São Paulo: Grappa, 2015. 120 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 7190**: Projeto de Estruturas de Madeira: 1997. Rio de Janeiro, 1997.
- BIOMASSA & BIOENERGIA. **Os resíduos de madeira gerados anualmente no Brasil são estimados em 30 milhões de toneladas**. 2016. Disponível em: <<http://www.biomassabioenergia.com.br/imprensa/os-residuos-de-madeira-gerados-anualmente-no-brasil-sao-estimados-em-30-milhoes-de-toneladas/20160211-103419-X618>>. Acesso em: 25 set. 2016.
- BRANDT, C. W.; FRIDLEY, K. J. Effect of load rate on flexural properties of wood-plastic composites. **Wood and Fiber Science**, v.35, n.1, Tuscaloosa, 2003.
- GUAMÁ, F. F. M. C.; COSTA, R. V. A.; ROCHA, H. L.; ISENSEE, F.V.; FUTURO, L. L. **Lixo plástico – de sua produção até a compósito madeira plástico**. In: XXVIII ENCON-TRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. A integração de cadeias produtivas com a abordagem da manufatura sustentável. Rio de Janeiro, 2008.
- HILLING, E.; SCHNEIDER, V. E.; WEBER, C.; TECCHIO, R. **Resíduos de madeira da indústria madeireira – caracterização e aproveitamento**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO – ENEGEP, 26, 2006, Fortaleza, **Anais...** Ceará, 2006.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Brasil em Números**. Rio de Janeiro: IBGE, v. 21, 2013.
- MELLO, A. L. **Utilização de resíduos de PEAD como alternativa aos agregados naturais em argamassa**. 2011. 173 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia

Ambiental Urbana). Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2011.

MORESCHI, J. C. **Propriedades da Madeira**. Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal: Universidade Federal do Paraná. 2014. (Notas de Aula).

MOLINA, J. C.; CARREIRA, M. R.; CALIL JUNIOR, C. Análise do comportamento mecânico de perfis retangulares de Compósito madeira plástico (wood plastic composite). **Revista Minerva – Pesquisa & Tecnologia**, São Paulo, v. 6, n. 1, p.47-57, 2009.

NETO, P. N. M de. **RESISTÊNCIA NATURAL DA MADEIRA DE SETE ESPÉCIES DE Eucalyptus A AGENTES XILÓFAGOS**. 2017. Disponível em: <http://portais4.ufes.br/posgrad/teses/tese_10574_TESE%20-%20PEDRO%20NIC%D3%20DE%20MEDEIROS%20NETO.pdf>. Acesso em: 09 dez. 17.

NOLASCO, L. R.; ULIANA, L. R. **Gerenciamento de resíduos na indústria de pisos de madeira**. Piracicaba, SP. 2014.

NOVAES, W. **Brasil: o terceiro país que mais lixo gera**. São Paulo, 2015. Disponível em: <<https://leonardoboff.wordpress.com/2015/04/17/brasil-o-terceiro-pais-que-mais-lixo-gera/>>. Acesso em: 25 set. 2016.

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

PAES, J. B. **Efeitos da purificação e do enriquecimento do creosoto em suas propriedades preservativas**. 1997. 143 p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.

PAES, J. B.; VITAL, B. R. Resistência natural da madeira de cinco espécies de eucalipto a cupins subterrâneos em teste de laboratório. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 1-6, 2000.

ROSA, R. A. et al. CARACTERIZAÇÃO DA MADEIRA DE MAÇARANDUBA (*Manilkara* sp.) POR MÉTODOS DESTRUTIVOS E NÃO DESTRUTIVOS. **Ciência da Madeira (Brazilian, Journal of wood Science)**, Pelotas, v. 05, n. 01, p. 68-78, Maio de 2014.

SEBRAE. **Compósito madeira plástico – muitas vantagens e inúmeras aplicabilidades ampliam mercado**: Resultado de material reciclado, os produtos atendem a vários segmentos de consumo. 2015. Disponível em: <<http://www.sebraemercados.com.br/madeira-plastica-muitas-vantagens-e-inumeras-aplicabilidades-ampliam-mercado/>>. Acesso em: 07 nov. 2016.

STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H. **Principles and procedures of statistic: a biometrical approach**. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 1980, 633p.

TEIXEIRA, D. E.; MOREIRA, J. M. M. A. P.; COSTA, A. F. Confecção de compostos de madeira-plástico utilizando resíduos de *Eucalyptus grandis* HILL EX Maiden e Polietileno de Baixa Densidade (PEBD). **Floresta e Ambiente – Floram**, Rio de

Janeiro, v. 9, n. 1, p.72-80, 2002.

TUOTO, M. Levantamento sobre a geração de resíduos provenientes da atividade madeireira e proposição de diretrizes para políticas, normas e condutas técnicas para promover o seu uso adequado: sumário executivo - revisão 01. Curitiba, 2009.

VIEIRA, A. Brasil produz 61 milhões de toneladas de lixo por ano. Agência Senado: 2015. Disponível em: <<http://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2012/03/09/brasil-produz-61-milhoes-de-toneladas-de-lixo-por-ano>>. Acesso em: 25 set. 2016.

YAMAJI, F. M.; BONDUELLE, A. Utilização da serragem na produção de compósitos plástico-madeira. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 34, n. 1, p.59-66, 2004.